91-01334/

PRÉFACE

L'art et la science de la gestion de l'énergie ont accompli des progrès remarquables au cours de la dernière décennie. La gestion de l'énergie est devenue une discipline sérieuse dans le cadre du processus de gestion de la plupart des entreprises qui connaissent le succès.

D'abord, au début des années 70, on a mis sur pied des programmes d'économie d'énergie afin de réduire la menace de pénurie d'énergie que pesait sur le Canada, de même que la dépendance du pays à l'endroit du pétrole étranger. Toutefois, la hausse vertigineuse des prix n'a pas tardé à donner une signification nouvelle à l'expression «économie d'énergie»: réduire le coût de l'énergie.

Nombre d'industries, de commerces et d'organismes publics ont relevé le défi et abaissé les coûts d'énergie jusque dans une proportion de 50%. On est ainsi arrivé à utiliser l'énergie de façon rationnelle, grâce à des mesures telles que des programmes d'information à l'intention du personnel, des moyens d'entretien plus à point, la simple élimination du gaspillage, et en mettant de l'avant des projets aptes à moderniser ou améliorer les installations et l'équipement.

Pour en arriver maintenant à économiser d'avantage l'énergie, il importe de mieux connaître la technologie et ses applications en plus d'avoir recours à des appareils à haut rendement énergétique.

À la demande du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne, du Programme des groupes de travail sur la gestion de l'énergie dans les secteurs commercial et institutionnel, et d'associations professionnelles et commerciales intéressées, la Division de l'énergie industrielle du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources a élaboré une série de modules techniques portant sur la gestion de l'énergie.

Ces manuels aideront les gestionnaires et le personnel d'exploitation à découvrir les possibilités de gestion de l'énergie dans leur cadre de travail. On y trouve une quantité de renseignements pratiques, notamment des équations mathématiques, des renseignements généraux sur des techniques éprouvées, ainsi que des exemples concrets d'économie d'énergie.

Pour obtenir de plus amples renseignements concernant les modules figurant dans la liste qui suit ou la documentation utilisée dans le cadre des ateliers, y compris les études de cas, veuillez écrire à l'adresse suivante:

La Division de la gestion de l'énergie dans les
entreprises et dans le secteur gouvernemental
Direction des économies d'énergie
Énergie, Mines et Ressources Canada
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

Gestion de l'énergie et participation des employés
Évaluation de la consommation
Analyse financière énergétique
Comptabilité de la gestion énergétique
Récupération de la chaleur perdue
1 Isolation thermique des équipements
2 Éclairage
3 Électricité
4 Moteurs électriques économiseurs d'énergie
5 Combustion
6 Appareillage de chaufferie
7 Fours, sécheurs et fours de cuisson
8 Réseaux de vapeur et de condensat
9 Chauffage et refroidissement (vapeur et eau)
10 Chauffage, ventilation et conditionnement d'air
11 Refroidissement et pompes à chaleur
12 Réseaux de distribution d'eau et d'air comprimé
13 Ventilateurs et pompes
14 Compresseurs et turbines
15 Mesures et contrôle
16 Régulation automatique
17 Manutention des matériaux et transport sur place
18 Point de vue architectural
19 Accumulation thermique
20 Guide de planification et de gestion

MICROMEDIA

68pp

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1989

En vente au Canada par l'entremise des

Librairies associées
et autres libraires

ou par la poste auprès du

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa (Canada) K1A 0S9

N° de catalogue M91-6/5F ISBN 0-662-93327-3

Prix sujet à changement sans préavis

Tous droits réservés. On ne peut reproduire aucune partie du présent ouvrage, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (électronique, mécanique, photographique) ni en faire un enregistrement sur support magnétique ou autre pour fins de dépistage ou après diffusion, sans autorisation écrite préalable des Services d'édition, Centre d'édition du gouvernement du Canada, Ottawa, Canada K1A 0S9.

TABLE DES MATIÈRES

Page

1 - INTRODUCTION 1

1.1 - L'importance de la gestion énergétique 1
1.2 - Surveillance de l'efficacité et du rendement énergétiques 1
1.3 - Objectifs et organisation du manuel de comptabilisation de l'énergie 1

2 - LES BASES FONDAMENTALES DE LA COMPTABILISATION DE L'ÉNERGIE 3

2.1 - Concepts fondamentaux et méthodes 3
2.1.1 - Concepts et méthodes 3
2.1.2 - Généralités sur le procédé de calcul 4
2.2 - Réflexions sur les rapports 4
2.2.1 - Choix des centres de comptabilité énergétique 6
2.2.2 - Échéancier et fréquence des rapports 6
2.2.3 - Choisir un point de référence ou la période de base 7
2.2.4 - Responsabilité des rapports 7
2.3 - Mesure de la production 8
2.3.1 - Exemples d'unités pour le secteur industriel 9
2.3.2 - Exemples d'unités pour le secteur commercial/institutionnel 9
2.4 - Mesure de l'apport énergétique 9
2.4.1 - Types de produits énergétiques 9
2.4.2 - Type de mesure 11
2.4.3 - Mesure de la consommation d'énergie 11
2.5 - Mesure des changements d'efficacité énergétique 14
2.5.1 - Enregistrement des données de production 14
2.5.2 - Enregistrement des données de consommation de l'énergie 15
2.5.3 - Calcul de l'efficacité énergétique 15
2.5.4 - Calcul des changements d'efficacité énergétique dans le temps 16

3 - PERFECTIONNER LES DONNÉES DE COMPTABILISATION: L'USAGE DES FACTEURS DE CORRECTION 18

3.1 - Interpréter les mesures de rendement énergétique 18
3.2 - Isoler les types de consommation d'énergie à des fins de diagnostic 18
3.3 - Facteurs de correction 21
3.3.1 - Changement de la qualité des matières premières ou d'apport 22

3.3.2 - Substitution de combustible 23
3.3.3 - Changement du taux de fabrication du produit 24
3.3.4 - Changements des règlements de sécurité et/ou environnementaux 25
3.3.5 - Décisions portant sur la fabrication et l'achat 25
3.3.6 - Conditions météorologiques 26
3.3.7 - Autres facteurs à considérer 27
3.4 - Rendement énergétique net du centre de comptabilité 28
3.5 - Rendement énergétique net de l'entreprise 28

4 - IMPACTS FINANCIERS DE L'ÉCONOMIE ÉNERGÉTIQUE 30

5 - APPLICATION DES CONCEPTS: EXEMPLES EN CHIFFRES 31

5.1 - ABC Manufacturing Inc. 31
5.2 - Canada Office Plaza 31

ANNEXES:
A - GLOSSAIRE DES TERMES ET DES SYMBOLES
B - CONTENU ÉNERGÉTIQUE
C - FACTEURS DE CONVERSION ET PRÉFIXES
D - FORMULAIRES

1 - INTRODUCTION

1.1 - L'importance de la gestion énergétique

La gestion énergétique constitue un bon investissement. Elle offre aux propriétaires d'usines et de bâtiments des possibilités d'investissement leur permettant d'amortir aisément leurs frais et de réaliser des profits au-dessus de la moyenne dans des délais intéressants. On peut considérer la gestion énergétique comme une source d'énergie à bon marché, capable de fournir à une usine ou à un édifice une quantité substantielle d'énergie conservée ou récupérée, bien en-deça du coût du combustible et de l'électricité achetés. Du point de vue national, la gestion énergétique conserve les ressources d'énergie et améliore la balance des paiements internationaux.

1.2 - Surveillance de l'efficacité et du rendement énergétiques

Pour atteindre le rendement économique maximum de la gestion énergétique, les cadres responsables de la consommation d'énergie dans les usines et dans les édifices doivent pouvoir suivre et comparer l'efficacité énergétique de leurs exploitations. Tout comme la gestion financière exige que les indices financiers soient mesurés et qu'il en soit rendu compte, la gestion énergétique devrait inclure la vérification de l'efficacité et du rendement énergétiques. Il est important de surveiller les rendements énergétiques bruts et nets. Par rendement énergétique brut on entend le changement au cours d'une période donnée de la quantité d'énergie utilisée pour fabriquer une quantité donnée de produits. Par rendement énergétique net on entend les changements de la production énergétique à la suite d'efforts conscients de gestion de l'énergie. Il faut toutefois remarquer que tous les changements du rendement énergétique ne sont pas le résultat de décisions basées sur des considérations de gestion de l'énergie.

1.3 - Objectifs et organisation du manuel de comptabilisation de l'énergie

Ce manuel a été conçu pour aider les entreprises et les organisations canadiennes des secteurs industriels, commerciaux et institutionnels dans leurs efforts d'élaboration et d'utilisation d'un système approprié de comptabilisation de l'énergie pouvant mesurer l'efficacité et le rendement énergétiques. Le système permettra aux cadres d'identifier des possibilités d'amélioration de l'efficacité de l'utilisation énergétique. Le manuel offre un système de comptabilisation uniforme qui s'applique aux entreprises composées d'une seule ou de plusieurs unités de production. Le système de comptabilisation se présente sous forme de textes, de formulaires et d'exemples en chiffres.

On retrouve les bases de la comptabilisation de l'énergie à la section n° 2. On y présente les concepts fondamentaux et une approche pertinente à la comptabilisation de l'énergie (section 2.1); les considérations relatives aux rapports (2.2); la mesure du rendement de production et des besoins d'énergie (2.3 et 2.4) et la mesure **du rendement énergétique** (2.5).

La section 3 élargit cette approche fondamentale pour montrer comment des changements de l'efficacité énergétique peuvent se traduire en une mesure de **rendement énergétique net** grâce à l'utilisation de facteurs de correction. Les restrictions quant à l'usage de chiffres de **rendement énergétique brut** non corrigés sont élaborées dans la section 3.1 et les divers facteurs touchant l'efficacité énergétique se trouvent aux sections 3.2 et 3.3. Comment la méthode de mesure du rendement énergétique net s'applique aux centres de comptabilité uniques et aux agrégations de sociétés, d'organisations et d'entreprises industrielles est décrit dans les sections 3.4 et 3.5.

La section 4 détermine l'objectif de la gestion énergétique — comment économiser sur les dépenses. Elle montre aussi comment on mesure et rend compte de l'impact financier de l'économie énergétique.

La section 5 fournit un exemple en chiffres se rapportant à des exploitations et des bâtiments industriels, y compris les formulaires remplis et les procédés de calcul indiquant les divers constituants d'un système de comptabilisation de l'énergie. Les annexes A à D comprennent, dans l'ordre suivant: un glossaire, les contenus calorifiques des denrées énergétiques, des préfixes et facteurs de conversion métriques et un jeu de formulaires constituant les valeurs de comptabilisation de l'énergie.

2 - LES BASES FONDAMENTALES DE LA COMPTABILISATION DE L'ÉNERGIE

Cette section décrit les concepts fondamentaux et la façon de comptabiliser l'énergie. En particulier, elle montre comment on peut mesurer l'efficacité énergétique d'une usine ou d'un édifice, au sein d'une société ou d'une organisation, et à des niveaux sectoriels d'une grande entreprise.

2.1 - Concepts fondamentaux et méthodes

2.1.1 - Concepts et méthodes

L'efficacité énergétique se définit comme la consommation énergétique divisée la production[1]. Cette définition peut s'appliquer à une seule unité de consommation énergétique ou à toute une industrie, à un secteur industriel et à l'économie toute entière.

Les tendances de productivité énergétiques sont surveillées en mesurant le rendement énergétique de la période en cours et en comparant les résultats à ceux d'une ou de plusieurs périodes de référence choisies, appelées **périodes de base**. Bien entendu, il est permis de faire des comparaisons à n'importe quel moment entre l'efficacité énergétique de deux ou de plusieurs unités de consommation. Ce genre de comparaison se fait fréquemment à des niveaux internationaux. Les résultats de ces comparaisons montrent clairement que, au Canada, la consommation d'énergie, par unité de production nationale, est l'une des plus élevées du monde.

Si nous nous intéressons aux tendances énergétiques d'une seule usine ou d'un seul bâtiment, il suffit tout simplement de mesurer le rapport énergie-production à deux moments donnés et de calculer la différence du pourcentage. En pratique, toutefois, ce qui nous intéresse, c'est l'efficacité énergétique totale d'un groupe de centres de comptabilité où chacun peut produire différents genres et quantités de produits et services. La totalisation des rapports énergie-production pour ces centres n'est alors possible que si des produits ou services similaires sont produits dans chacun d'eux. Comme le produit de divers centres de comptabilité peut être bien différent, il faudra utiliser une méthode différente. Il faut donc comparer la consommation énergétique réelle au cours de la période en cours avec la **consommation énergétique équivalente pour la période de base** ou consommation énergétique imputée. On entend par consommation énergétique imputée la quantité d'énergie qui aurait été consommée au cours de la période en cours si l'efficacité énergétique, telle que mesurée pour la période de base, restait constante. La différence du pourcentage entre la consommation énergétique imputée et réelle exprime le changement dans l'efficacité énergétique, soit le **rendement énergétique brut**. Comme nous le verrons il est très simple de totaliser l'utilisation énergétique réelle et imputée des différents centres de comptabilité pour calculer le changement total de l'efficacité énergétique.

---

[1]On peut également décrire cette mesure comme *intensité énergétique, rapport énergie-production ou coefficient énergétique*. Le lecteur trouvera les définitions de ces termes au glossaire de l'annexe A.

2.1.2 - Généralités sur le procédé de calcul

La figure 1 illustre les étapes nécessaires au calcul des changements de l'efficacité énergétique. Étape par étape, ce procédé peut se résumer comme suit, les sections ultérieures décrivant chacune de ces étapes de façon plus détaillée:

1. Choix de la période de base (voir section 2.2.3).
2. Mesure de la production de la période de base ou d'un autre indice d'activité (voir section 2.3).
3. Mesure de la production de la période en cours (voir section 2.3).
4. Calcul de l'indice de production (voir section 2.5.4).
5. Mesure de la consommation d'énergie de la période de base (voir section 2.4).
6. Mesure de la consommation d'énergie de la période en cours (voir section 2.4).
7. Calcul de la consommation imputée pour la période en cours (voir section 2.5.4).
8. Calcul du changement de l'efficacité énergétique (voir section 2.5.4).

Si le directeur de l'usine ou le gérant du bâtiment veut également connaître les niveaux d'efficacité énergétique absolus, on peut se servir des mêmes données brutes pour trouver ces indices, soit:

9. Calcul de l'efficacité énergétique de la période de base (utilisation d'énergie divisée par la production).

10. Calcul de l'efficacité énergétique de la période en cours (utilisation d'énergie divisée par la production).

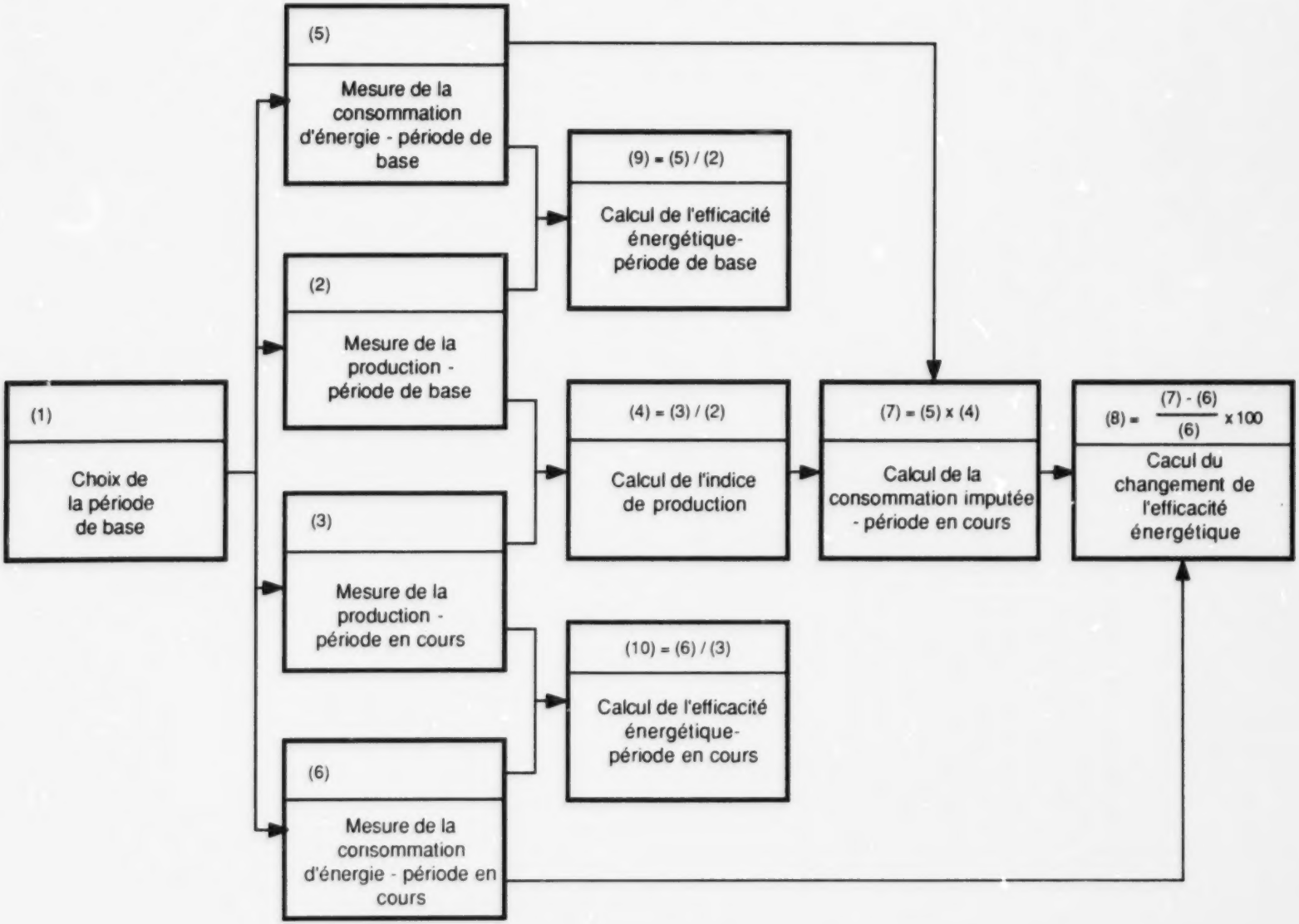
Les chiffres d'efficacité énergétique calculés aux étapes 9 et 10 ne sont pas nécessaires pour la comptabilisation de l'énergie. Toutefois, ils permettent de comparer l'efficacité énergétique à un moment donné entre des usines et des édifices de même nature tant au Canada qu'à l'échelle internationale.

2.2 - Réflexions sur les rapports

Une collecte attentive et consistante des données est à la base d'une mesure utile et fiable de l'efficacité et du rendement énergétiques. La figure 1 illustre comment sont reliées les différentes étapes de la comptabilisation de l'énergie. Il faut exécuter chaque étape selon les caractéristiques individuelles de l'entreprise et dans l'entreprise, conformément au type et aux circonstances particulières de l'exploitation. Le but de cette section et des deux sections suivantes consiste à formuler des directives qui permettront d'établir un système de comptabilisation de l'énergie conçu pour les conditions spécifiques de l'entreprise en question.

Figure 1

Comptabilisation de la productivité énergétique
Vue globale du processus de calcul



2.2.1 - Choix des centres de comptabilité énergétique

Une entreprise peut fabriquer un produit ou fournir un service au moyen d'un processus simple ou de plusieurs processus complexes en corrélation étroite. En tenant compte que l'efficacité énergétique établit un rapport entre la quantité d'énergie utilisée par une activité et le résultat produit par cette activité, il est évident que plus ce rapport est étroit, plus précise sera la mesure de l'énergie consommée par unité de production. Il sera plus important et plus facile d'établir un rapport entre l'efficacité énergétique calculée et des opérations spécifiques et, ainsi, de déterminer les possibilités pour effectuer des améliorations au rendement énergétique.

On peut définir schématiquement l'exploitation de l'entreprise, y compris tous les processus de production, et identifier les étapes auxquelles l'utilisation de l'énergie mesurée peut être comparée de la manière la plus proche aux quantités produites à chaque étape. Ces étapes de mesure s'appellent les **centres de comptabilité**.

En général, plus le processus est long et complexe, plus il y aura de possibilités pour améliorer le rendement énergétique. Il suffira d'établir autant de centres de comptabilité que possible. Grâce à la comptabilisation de l'énergie même les entreprises fabriquant des produits très divers par des processus conjugués et dans des sites différents, peuvent tirer des renseignements valables sur le rendement énergétique.

Souvent, les entreprises maintiennent une comptabilité financière séparée relativement à l'exploitation de certaines divisions. Comme les factures d'énergie sont probablement comptabilisées lors de ce contrôle financier normal, ces divisions d'exploitation pourraient bien servir de centres de comptabilité énergétique. Ainsi, les dépenses et la production s'y rapportant et les renseignements sur l'utilisation de l'énergie peuvent être enregistrés sur des périodes données. Ceci est la clé de voûte,comme nous l'avons dit plus haut, d'une bonne comptabilisation de l'énergie. Ce manuel est rédigé avec la présomption de l'existence des points de repère normaux. Au fur et à mesure que le nombre et la spécificité des mesures augmentent, la direction de l'entreprise aura à sa disposition des renseignements plus complets. Elle pourra prendre des décisions plus précises et elle sera davantage capable d'identifier les possibilités d'économies énergétiques et d'épargner plus d'énergie et d'argent.

2.2.2 - Échéancier et fréquence des rapports

Pour relever et planifier facilement les améliorations du rendement énergétique, il faut enregistrer les données en provenance des centres de comptabilité de façon continue et à des intervalles spécifiques. L'échéancier de ces intervalles peut être établi selon des périodes au terme desquelles l'énergie utilisée et la production peuvent être mesurées facilement. Par exemple, à des fins de facturation, la consommation de gaz naturel est mesurée à des intervalles mensuels. Souvent, la production se mesure par année, par trimestre ou par mois. Cela permet de choisir les intervalles des rapports, puisque la

consommation du gaz peut être additionnée pour des périodes qui sont des multiples de la période de facturation mensuelle.

Quel que soit l'intervalle de reportage choisi, il faut toujours faire attention que la consommation énergétique mesurée soit vraiment utilisée pour la fabrication du produit mesuré. Par exemple, la livraison du mazout utilisé dans une chaudière peut être facturée mensuellement. Si la production au cours d'une période antérieure était inférieure au plein emploi de la chaudière, une quantité de combustible relativement peu importante figurera sur la facture. Lors de l période de production subséquente, ce nouveau combustible et le résidu encore dans le réservoir pourraient servir à une production supérieure à celle relevée pour la période précédente. Dans ce cas, on peut seulement mesurer le montant réel du combustible utilisé dans la fabrication du volume de production mesuré. Il suffira de relever la quantité de combustible dans le réservoir au commencement de la période de comptabilisation, après l'addition du nouveau combustible, et à la fin de l'intervalle de comptabilisation. La différence entre le premier et le dernier relevé, lorsque ajoutée au combustible acheté, donne la quantité de combustible consommé au cours de cet intervalle.

Il serait normal d'obtenir des données sur la consommation énergétique et sur la production aux intervalles les plus judicieux afin de mieux pouvoir établir la relation qui existe entre elles. Il vaudrait mieux, toutefois, comparer le rapport entre ces mesures de rendement énergétique à des intervalles plus longs. Les circonstances d'exploitation d'une usine peuvent varier pour des raisons sans rapport direct avec l'utilisation efficace de l'énergie. Comme il en sera question avec plus de détail dans la section 3, les variations de la production se rapportant à la capacité prévue, aux changements saisonniers, météorologiques, ou à l'horaire d'été doivent être prises en considération. Lorsque ces considérations sont pertinentes, il faudrait peut-être prévoir des périodes de comptablisation plus longues. Plus la fréquence avec laquelle se font les relevés de l'efficacité énergétique est grande, plus clairement pourra-t-on voir le rôle de l'énergie dans ce processus..

2.2.3 - Choisir un point de référence ou la période de base

La période de base est simplement le premier intervalle au cours duquel se fait la collecte des données sur la consommation énergétique et sur le processus de production. Il faut faire un inventaire des facteurs qui, pour des raisons techniques ou autres, pourraient avoir affecté la production énergétique mesurée au cours de la période de référence. Cette liste pourrait signaler un arrêt de travail, des conditions météorologiques fort anormales, un changement important apporté au processus de fabrication. etc. On peut, bien entendu, changer la période de base. Il est même recommandé de comparer le rendement énergétique de la période de comptabilisation en cours avec celui de la période précédente et également avec la période de base.

2.2.4 - Responsabilité des rapports

Nous avons décrit en termes généraux les objectifs de la comptabilisation de l'énergie et les grandes lignes sur la façon d'y arriver. La prochaine étape que devrait suivre la société ou l'entreprise consiste à

choisir le personnel le plus apte à entreprendre ce travail. Si l'entreprise emploie déjà un "gestionnaire de l'énergie", il faudra simplement déléguer les responsabilités quant à la collecte des données sur la consommation énergétique et sur la production pour les centres choisis. Il faudrait que le personnel le plus proche du processus de fabrication du centre participe, ne serait-ce qu'à titre consultatif, à la collecte des données. Il devra fournir des explications sur le rendement de certaines pièces de l'équipement, sur les changements dans les conditions d'exploitation et faire des recommandations quant aux améliorations de l'efficacité énergétique.

Finalement, les personnes s'occupant de la comptabilisation de l'énergie devraient participer aux prises de décisions sur le rendement énergétique, ne serait-ce que pour s'assurer que les données assemblées sont utilisées à bon escient.

2.3 - Mesure de la production

Le rendement énergétique se mesure en identifiant la corrélation qui existe entre l'énergie utilisée et la production. Cette dernière comprend tous les biens — d'automobiles à zirconium — et tous les services — des cliniques de massages aux centres de messageries. Lorsqu'il s'agit de services, le rendement énergétique reste généralement à la charge du propriétaire de l'édifice qu'occupe l'entreprise en question. Les centres de comptabilité peuvent alors enregistrer les données de "production" mesurées en unités, comme des tonnes de produit par mois, mètres cubes transformés par trimestre ou mètres carrés d'espace occupé, etc. Choisir l'unité de mesure de production est relativement simple lorsqu'un centre de comptabilité comprend un important processus de production distinct. On peut, toutefois, choisir un centre de comptabilité qui ne comprend qu'une seule composante d'un processus général de production. Ainsi, l'unité de production n'est qu'un bien semi-transformé, utilisé dans la prochaine phase de production. Dans ces cas, il est important de s'assurer que la production peut être mesurée avec précision, même si cette mesure est indirecte (c.-à-d. il existe une corrélation fixe connue entre la quantité des biens finis produits qui est comptée et la quantité de produits intermédiaires associée à cette quantité de production qui n'est pas comptée, mais qui dès lors peut être déduite à des fins de comptabilisation).

Lorsqu'on choisit une unité de mesure de production, il est recommandé de commencer par des quantités de produits qui sont déjà comptabilisées pour d'autres mesures de gestion ou de rendement. Si l'on choisit une unité pour laquelle il n'existe pas encore de données enregistrées, la collecte des données pour la comptabilisation énergétique augmentera sans doute les frais de comptabilité.

Dans certains cas, le matériau brut est lié de plus près à l'utilisation d'énergie que n'importe quelle mesure de production. Le cas échéant, les unités qui s'appliquent au matériau brut en question peuvent être employées à des fins de comptabilisation de l'énergie, y compris la main-d'oeuvre ou les heures-machines (nombre d'heures ou de quarts). Dans ce dernier cas, il faut veiller à ne pas confondre la mesure avec les changements de la productivité générale.

Lorsque la plus grande partie de la consommation d'énergie s'applique au chauffage, au refroidissement, à la ventilation ou à l'éclairage, il serait bien plus facile d'utiliser, à titre d'unité de comptabilisation d'énergie de production, le nombre d'heures que le bâtiment est ouvert.

2.3.1 - Exemples d'unités pour le secteur industriel

Le tableau 1 donne une image de quelques unités de production typiques que l'on emploie en comptabilisation de l'énergie. Ce ne sont que des suggestions. Chaque entreprise doit adopter des unités qui mesurent la production des segments de son exploitation les plus susceptibles de profiter de l'amélioration du rendement énergétique ou qui en ont le plus besoin.

2.3.2 - Exemples d'unités pour le secteur commercial/institutionnel

Comme pour le secteur industriel, le choix d'une unité de production pour une exploitation qui se trouve dans un ou plusieurs bâtiments n'est pas toujours très simple. Le tableau énumère aussi des exemples de ce genre d'unités, mais les entreprises particulières doivent montrer du bon sens lors du choix des unités qui s'appliquent à elles. L'unité de production la plus commune est la superficie. En grande partie, l'énergie peut être consommée par rapport à la proportion de la superficie totale occupée. Par exemple, le chauffage d'eau et l'éclairage utilisés à des fins non commerciales couvrent peut-être la plus grande partie de l'énergie consommée. Dans ces cas. on peut utiliser la mesure de la superficie occupée, telle que les lits occupés (dans les hôpitaux) et les chambres occupées (dans les hôtels). Dans la comptabilisation de l'énergie, l'apport énergétique et la production ne se mesurent pas en unités monétaires afin d'éviter les corrections à apporter lors des fluctuations des prix.

2.4 - Mesure de l'apport énergétique

L'utilité de la comptabilisation de l'énergie repose également sur des mesures précises de la consommation d'énergie. Cette section va montrer avec quelle facilité on peut justifier chaque genre particulier et le convertir en unités de mesure énergétiques communes.

2.4.1 - Types de produits énergétiques

Les demandes d'énergie sont généralement satisfaites sous forme de gaz naturel, de pétrole et d'électricité. Moins communs, mais tout aussi importants, sont le charbon, le bois et les déchets, le propane et la vapeur achetée. Certaines industries, comme les raffineries de pétrole, achètent le matériau dont la majorité est utilisée comme matériau brut, mais dont une partie est absorbée dans le processus de transformation. Il faut noter que l'objectif de ce manuel porte sur l'utilisation efficace du combustible et de l'électricité achetés. L'énergie provenant de déchets (bois, ordures, etc.) est exclue par certaines industries dans leur comptabilisation de l'éfficacité et du rendement énergétiques. La méthode de

TABLEAU 1

UNITÉS DE PRODUCTION TYPIQUES

Secteur industriel

Produits chimiques	- Poids du produit
Automobiles et machines agricoles et industrielles	- Nombre de machines ou de pièces terminées, poids des pièces pour les moulages, heures de travail direct ou nombre de quarts complétés
Métaux ferreux	- Poids de l'acier brut au moment de la fonte ou du moulage
Alimentation	- Nombre de caisses et conteneurs, poids du produit ou d'un matériau brut essentiel
Électricité et électronique	- Circuits complétés, heures de travail direct ou nombre de quarts complétés
Produits manufacturés	- Unités terminées: poids, longueur, surface du produit, quantité de matière brute essentielle, heures de travail direct ou nombre de quarts complétés
Produits pétroliers	- Mètres cubes de pétrole brut transformé
Plastiques	- Poids, longueur ou nombre d'articles finis, heures-machines
Pâtes et papiers	- Poids du produit fini
Minerais	- Volume ou poids du matériau brut ou du produit fini
Textiles	- Poids du matériau utilisé ou articles finis

Secteur commercial/institutionnel

Édifices de bureaux	- Superficie des planchers (m^2)
Entrepôts	- Superficie, volume du bâtiment (m^3)
Centres commerciaux	- Superficie des planchers
Hôtels/motels	- Superficie, chambres occupées
Supermarchés	- Superficie
Restaurants	- Superficie, capacité, repas servis
Hôpitaux, maisons de santé	- Superficie, lits occupés
Écoles, collèges et universités	- Superficie, équivalent du nombre d'étudiants à plein temps

comptabilisation adoptée doit être consistante avec les normes de l'industrie en question. Quoiqu'il en soit, la méthode doit être appliquée uniformément au cours des années.

2.4.2 - Type de mesure

En général, on mesure la consommation d'énergie en termes de quantités physiques des types d'énergie en question. Les achats se mesurent en litres, mètres cubes, tonnes ou kilowatt/heures. Ce sont les unités de base utilisées en comptabilisation d'énergie et ce sont également ces unités qu'il faut employer lors de l'élaboration des plans d'action pour améliorer le rendement énergétique.

Toutefois, on ne peut examiner le rendement énergétique global que sur une base d'une unité énergétique générique à laquelle on peut convertir les différentes mesures physiques d'énergie. L'unité énergétique la plus commune qui normalise toutes ces unités se rapportant spécifiquement au combustible est le **joule (J)**. Exprimées en termes de leur contenu énergétique, les données de consommation de toutes les formes d'énergie peuvent être combinées pour donner une mesure de l'énergie totale utilisée.

Afin de mieux se rendre compte de l'énergie utilisée, dans des termes que l'on peut facilement convertir en prix courants, certaines entreprises voudront mesurer les données énergétiques en termes d'un numéraire ou d'une unité d'énergie équivalente, par exemple l'équivalent de barils de pétrole brut.

Pour plus de commodité, vous trouverez dans l'annexe B une table énumérant le contenu énergétique de plusieurs types communs d'énergie.

2.4.3 - Mesure de la consommation d'énergie

Les mesures de la consommation d'énergie peuvent se faire à divers échelons, selon l'objectif à atteindre. Les données de consommation brute sont disponibles dans la comptabilité financière. Elles peuvent être suffisantes dans de nombreux cas. Pourtant, lorsqu'il s'agit d'un travail d'enquête plus approfondi dans des situations complexes, des mesures plus précises sont nécessaires. On trouve également dans cette section l'utilisation de l'idée de l'équilibre énergétique nécessaire à redresser un programme de mesure énergétique. Pour de plus amples détails concernant les renseignements de l'exposé ci-après, nous renvoyons le lecteur au fascicule n^{o} 15 de la série "Gestion de l'énergie", intitulé *Mesures et contrôle* .

(a) Consommation brute

Les données de consommation brute par période de facturation des grands services publics (gaz, mazout et électricité) peuvent être très utiles, particulièrement lorsqu'il s'agit de petites entreprises où l'application de chaque source d'énergie est limitée à un secteur d'utilisation

principale. Un édifice à bureaux, par exemple, utilise l'énergie électrique surtout à des fins d'éclairage et consomme du gaz ou du mazout pour le chauffage. Telle industrie peut se servir d'un seul fourneau ou d'un four réfractaire qui compte presque exclusivement pour un type unique d'énergie. Dans ces circonstances, le relevé de consommation brute peut être suffisant dans la plupart des cas.

(b) Consommation spécifique

Ce manuel a été rédigé de façon à permettre aux entreprises de calculer un seul facteur de rendement énergétique par année pour l'ensemble de l'entreprise et de calculer également de nombreux facteurs de rendement énergétique pour chacune des activités gérées d'une entreprise entière.

Les données de consommation spécifique sont nécessaires lorsqu'une entreprise utilise la même source énergétique pour faire fonctionner un nombre varié de machines ou d'opérations. L'équipement de mesure nécessaire peut être installé de façon permanente ou bien de façon temporaire pour évaluer les caractéristiques de rendement typiques des machines ou de l'opération. Voici des exemples où l'on utilise des méthodes différentes:

- Processus électriques (demande variable): On peut installer un compteur watt/heure. La chaleur de fabrication électrique est généralement fournie sans perte significative, simplifiant les exigences de mensuration.

- Processus électriques (demande constante): L'éclairage dans un édifice commercial, par exemple, est une charge constante essentielle dans la plupart des installations. Le cas échéant, la consommation d'énergie peut être déduite des heures de travail.

- Chaudière à combustion: L'efficacité de la combustion a un effet marqué sur l'usage de l'énergie. Bien que l'efficacité de la combustion puisse être contrôlée par une installation permanente d'instruments, celle-ci doit être entretenue régulièrement pour garantir le calibrage de ces instruments. Il est plus rentable de faire vérifier l'efficacité des chaudières par des techniciens qualifiés. La vérification doit se faire régulièrement pour que l'efficacité de combustion soit toujours connue au degré de précision voulu. Le temps écoulé ou le mesurage du combustible utilisé fournira alors des données complètes sur l'utilisation du combustible et sur l'énergie fournie.

(c) Comptabilisation par équilibre énergétique

Les mesures de l'énergie peuvent être équilibrées, soit à titre de contrôle de qualité, soit pour transporter des données. Dans le deuxième cas et autant que possible, il faudrait, bien entendu,

vérifier la qualité des données par des méthodes différentes. Les méthodes d'équilibre énergétique peuvent s'employer dans les exemples suivants:

- Un édifice commercial utilise de l'énergie électrique pour le chauffage, l'éclairage, l'eau chaude pour des fins non commerciales et la climatisation. L'énergie électrique consommée est connue grâce aux factures d'énergie. L'énergie d'éclairage est constante pour chaque mois. Elle est connue grâce à la puissance de l'installation (y compris les pertes de ballast, soit 15 % à 20 % de la puissance des lampes). La constante "énergie d'éclairage" peut être déduite de la facture mensuelle d'énergie pour obtenir, soit l'énergie de chauffage et d'eau chaude au cours des mois d'hiver, soit l'énergie de climatisation et d'eau chaude au cours des mois d'été. On peut estimer la charge d'eau chaude non commerciale durant les mois où ni le chauffage ni la climatisation ne sont utilisés. Il faut anticiper des demandes d'énergie plus élevées dans les mois d'hiver et de printemps lorsque l'eau d'arrivée est froide.

- Quant à la chaudière à eau, des instruments y mesurent le débit d'eau, la température d'entrée et de sortie et l'usage du combustible. On calcule la perte d'énergie de la chaudière en se basant sur la différence entre l'énergie contenue dans le combustible et celle contenue dans l'eau chauffée.

Des données supplémentaires pour le calcul de l'équilibre énergétique se trouvent dans le fascicule n^{o} 15 de la série "Gestion de l'énergie", intitulé *Mesures et contrôle* .

(d) Equivalence énergétique

Mesurer la consommation d'énergie a pour but de déterminer si les objectifs de rendement sont atteints et, dans la mesure du possible, si d'autres méthodes, procédés ou sources d'énergie devraient être préconisés. Il faut d'abord choisir la méthode de comptabilisation de l'énergie appropriée. Voici les méthodes principales:

- L'équivalence thermale. Cette approche est utile dans des applications, telle l'évaluation de la substitution du mazout par du gaz naturel dans une chaudière. En nous référant à l'annexe B, nous voyons que les combustibles ont le contenu énergétique suivant:

Gaz naturel	37,20	MJ/m^3
Mazout	40,5	MJ/l

où MJ s'applique à un mégajoule (un million de joules) d'énergie (voir annexe C).

Si le prix du gaz naturel par MJ est inférieur à celui du mazout par MJ, il serait avantageux de considérer une substitution de combustible. Remarquez toutefois que l'efficacité de combustion (la conversion d'énergie) est différente (typiquement plus basse) avec le gaz naturel. Ainsi, les comparaisons de prix doivent s'effectuer en termes d'énergie utile ou de production. Le prix de l'énergie par MJ utile est tout simplement le prix par MJ du type d'énergie acheté, divisé par son efficacité de combustion.

- La qualité de l'énergie. L'équivalence thermale du combustible ne donne pas une image complète de ce combustible. L'électricité est la meilleure qualité des combustibles commerciaux, puisqu'on peut s'en servir avec des pertes minimales pour le chauffage, l'éclairage et le travail mécanique. Si on la convertit en chaleur, la conversion peut causer des pertes importantes selon la température à atteindre. Le prix du combustible ne réflète pas toujours la qualité de l'énergie. En général, il faudrait considérer des combustibles de haute qualité pour des applications nécessitant du travail mécanique ou des températures élevées. Pour le chauffage ou des opérations de séchage à basse température, il faudrait considérer, lorsque disponible, un courant d'air à basse température produit par la combustion de déchets. (Se référer au fascicule "Recouvrement de la chaleur gaspillée" de la série Gestion de l'énergie pour une revue des possibilités spécifiques de gestion de l'énergie).

2.5. - Mesure des changements d'efficacité énergétique (rendement énergétique brut)

Ayant considéré les moyens par lesquels l'énergie contribue à la production, les formes d'énergie utilisées, les meilleurs lieux pour mesurer l'apport énergétique et la production, ainsi que la période la plus raisonnable au cours de laquelle doit se faire la collecte des données, on peut maintenant mesurer l'efficacité énergétique.

Cette section explique les procédés de comptabilisation énergétique de base, c'est-à-dire, l'enregistrement des deux types de données fondamentales nécessaires et le calcul de la relation entre ces dernières. À l'annexe D se trouvent des formulaires de comptabilisation de l'énergie. Ils ont été conçus pour l'usage des entreprises génériques ayant choisi des intervalles d'un mois pour l'enregistrement des données et une fréquence de calcul du rendement énergétique d'une année. À la section 5 on nous explique la façon pratique d'utiliser ces formulaires. Pour l'instant, il suffit d'expliquer les idées générales et les relations pertinentes qui permettront aux responsables de la comptabilisation de l'énergie de modifier ces exemples selon leurs propres besoins.

2.5.1 - Enregistrement des données de production

Le choix des unités de production ayant été fait (dans la section 2.3.1), il faut maintenant s'assurer de compter la production réelle au cours de la période donnée, plutôt que d'utiliser les données des ventes ou du changement net des stocks de l'article en question. Il faut en outre savoir si l'on a prévu, au cours de la période de comptabilisation, un changement physique dans la fabrication du produit,

changement qui pourrait affecter la quantité d'énergie utilisée par unité de production. Dans certains cas, il serait mieux de commencer ou de recommencer la période de comptabilisation de base au moment où ce changement a lieu (voir la section 3.3.7 (4)). D'autre part, on pourrait prévoir des tolérances sous forme de rajustement à la quantité enregistrée produite.

2.5.2 - Enregistrement des données de consommation de l'énergie

Comme nous l'avons mentionné à la section 2.4, il n'est pas toujours très simple d'enregistrer, à des fins de comptabilisation énergétique, le volume approprié de gaz, de mazout, d'électricité, etc. L'électricité et le gaz naturel sont des courants d'énergie, mesurés au "portail" du centre de comptabilité. On calcule facilement la quantité d'énergie utilisée entre deux relevés du compteur en se servant de la différence entre les deux relevés. Si la production peut se mesurer pour la même période, le calcul de l'électricité ou du gaz naturel utilisé par unité de production deviendra une chose relativement facile. D'un autre côté, si les dates des relevés sur les factures ne correspondent pas à la période de comptabilisation choisie par rapport à la mesure de la production, il faudra faire des relevés spéciaux. Le mazout peut être livré en quantités spécifiques à des intervalles réguliers; mais comme il fait partie des stocks et, en général, n'est pas mesuré au "portail" du centre de comptabilité, il faut faire particulièment attention et faire un relevé du réservoir au commencement et à la fin de la période de comptabilisation, tout en tenant compte des quantités livrées entre temps. La même chose s'applique aux combustibles analogues (par exemple le propane). La comptabilisation énergétique exige des données sur la consommation réelle de l'énergie, et non seulement sur les dépenses pour l'énergie. Il se peut qu'une entreprise n'utilise que les factures des services publics dans le processus de comptabilisation de l'énergie pour tenir compte du prix de l'énergie. On pourra alors faire la correction concernant les changements dans les quantités de combustible emmagasinées à la fin de la période de comptabilisation ou à la fin de la période totale au cours de laquelle le rendement énergétique est calculé.

En enregistrant les quantités d'énergie consommées, il faut faire attention de noter certains détails qui pourraient être utiles lors de l'évaluation des résultats de la comptabilisation de l'énergie. Par exemple, il faudrait enregistrer séparément les différentes qualités de mazout, tout comme devraient l'être les différentes qualités de charbon utilisées. On peut seulement calculer l'usage total de l'énergie pour un seul centre de comptabilité qui utilise plus d'un type de combustible. Pour faire ceci, on devra d'abord convertir les quantités physiques du combustible en unités d'énergie (MJ). C'est très simple: on multiplie la quantité physique consommée dans la période de comptabilisation par le facteur de conversion approprié (indiqué à l'annexe B ou donné par le fournisseur dans les cas où la qualité du combustible est variable). Le résultat est égal à la consommation d'énergie mesurée en MJ pour chaque type de combustible et la somme équivaut au total de l'énergie consommée pendant la période de comptabilisation.

2.5.3 - Calcul de l'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique — la quantité moyenne d'énergie consommée par unité de production — est calculée pour le centre de comptabilité en divisant le montant total de l'énergie consommée (MJ) par la quantité totale de la production provenant de cette énergie. Le résultat est un chiffre de productivité

exprimé en MJ par unité de production. Certaines entreprises veulent avoir les données totales de tous leurs centres de comptabilité afin de mesurer l'efficacité énergétique générale. Bien qu'elle soit utile pour observer les changements d'efficacité dans l'entreprise quant à l'usage de l'énergie au cours des années, une telle mesure est seulement possible lorsque tous les centres de comptabilité utilisent uniformément le même genre de production mesurable. On peut alors calculer l'efficacité énergétique générale en assignant à la mesure de productivité calculée pour chaque centre de comptabilité un coefficient (égal à la part du montant total de l'énergie) qu'il faudra employer dans l'estimation du total.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, les entreprises qui fabriquent diverses sortes de produits et qui ont donc plusieurs centres de comptabilité identifiables ne peuvent pas combiner de simples mesures d'efficacité énergétique. On peut toutefois effectuer des estimations globales du rendement énergétique brut défini comme étant le changement de l'efficacité énergétique mesurée dans l'année en cours par rapport à celle calculée pour l'année de base.

2.5.4 - Calcul des changements d'efficacité énergétique dans le temps

Les tendances de l'efficacité énergétique d'un centre de comptabilité se mesurent par les changements de l'efficacité énergétique dans le temps. Une fois une période de comptabilisation de référence établie, chaque période de comptabilisation subséquente est alors considérée, à des fins de comparaison, comme la "période en cours". L'objectif du calcul du rendement énergétique est de mesurer les changements, dans le temps, du rapport à l'énergie consommée par unité de production résultant des efforts d'amélioration de l'efficacité énergétique.

Le rendement énergétique brut (RE_b) se rapporte aux changements de l'efficacité énergétique dans le temps. Il peut être estimé en termes absolus et relatifs. Pour obtenir une mesure relative, on peut calculer un simple changement du pourcentage du rapport énergie-production d'un centre de comptabilité entre la période de base et la période en cours, donnant un chiffre pour le RE_b. Pour exprimer le RE_b en termes absolus on peut comparer les rapports énergie-production (c.-à-d. si le rapport énergie-production de la période de base était de 243 MJ/unité et il est actuellement de 212 MJ/unité, le changement absolu représente une réduction de 31 MJ/unité). Pour une entreprise fabriquant plusieurs produits différents, il y a une meilleure méthode de calcul quant à la quantité d'énergie utilisée durant la période en cours et la quantité qui aurait été utilisée durant la période en cours si le rapport énergie-production de la période de base n'avait pas changé.

Cette quantité s'appelle l'énergie équivalente imputée ou l'énergie équivalente de la periode de base (E_b). On l'obtient en multipliant la quantité d'énergie consommée au centre de comptabilité au cours de la période de base par la quantité de la production mesurée pour la période en cours, après avoir pris soin d'exprimer cette dernière quantité comme un pourcentage ou un multiple de la production de l'année de base. Illustration: si 2 unités de production étaient fabriquées durant la période de base et que la production a augmenté à 4 unités pour la période en cours, la production actuelle, exprimée en termes de production de la période de base (le soi-disant **facteur de production**) serait de 4/2 (soit: 2). Si l'énergie consommée pendant la période de base était de 10 MJ (ce qui donnerait un rapport

production de 5 MJ/unité de production), l'équivalent d'énergie pour la période de base serait alors de 20 MJ (soit 10 MJ multiplié par 2). Si le rapport énergie-production était resté au niveau de la période de base, il aurait fallu 20 MJ pour fabriquer la production de la période en cours.

Il est entendu que la quantité réelle consommée au cours de la période en cours pourrait être supérieure ou inférieure au chiffre équivalent de la période de base. Le RE_b, exprimé comme différence, en pourcentage, entre la consommation énergétique en cours et l'équivalent de la période de base, est identique à celui calculé ci-dessus par la méthode des rapports énergie-production.

Il a été mentionné plus haut que les mesures de l'équivalent énergétique de la période de base pourraient servir au calcul du RE_b quand il s'agit d'entreprises ayant plus d'un centre de comptabilité et plus d'une seule mesure de production. Il faut bien comprendre que dans ce genre de circonstances, on ne peut pas amalgamer, d'aucune manière (par exemple une moyenne pondérée), les rapports énergie-production au niveau de l'entreprise, puisque les unités de production ne sont pas toutes les mêmes — voir le dicton classique: "On ne peut pas additionner des pommes et des oranges." — bien que, pour établir des facteurs, on puisse faire des approximations avec des valeurs monétaires.

On peut toutefois arriver au RE_b pour une entreprise ou un secteur entier. Il faut alors calculer la différence de pourcentage entre la somme de la consommation d'énergie pendant la période en cours pour tous les centres de comptabilité et celle de la consommation d'énergie exprimée en termes d'équivalence énergétique pendant la période de base, de nouveau pour tous les centres de comptabilité.

3 - PERFECTIONNER LES DONNÉES DE COMPTABILISATION: L'USAGE DES FACTEURS DE CORRECTION

Le but de cette section est de montrer comment les données fondamentales et les résultats de la comptabilisation de l'énergie, décrits à la section 2, peuvent être corrigés afin d'exclure les facteurs ayant une influence sur l'efficacité énergétique, qui sont en dehors du contrôle des gestionnaires de l'énergie.

3.1 - Interpréter les mesures de rendement énergétique

Les mesures de rendement énergétique brut (RE_b) donnent au cours des années un bon aperçu des changements de l'efficacité énergétique d'un centre de comptabilité, d'une usine, d'un bâtiment ou d'une entreprise. La précision de ces mesures et, en conséquence, la confiance que l'on peut avoir dans les résultats, dépendent impérieusement du degré de changement se produisant au cours du temps dans les centres de comptabilité. Il a été mentionné à la section 2 que l'on doit tenir compte des fluctuations dans la production, qu'elles soient saisonnières ou bien régulières, lors de l'établissement de la durée des périodes de comptabilisation. Pour prévoir des demandes d'énergie différentes à des fins de chauffage à titre proportionnel de l'image énergétique totale, il faudra une correction à E_b. Le même raisonnement est vrai pour les changements de la qualité des matières premières, de la qualité des produits ou services, du type d'énergie utilisé ou du mélange d'énergie utilisé, du taux de production des articles en question et de la réserve de capitaux se rapportant aux questions de sûreté ou de l'environnement. Il s'applique à la proportion de l'énergie allouée à la production "sur place" de produits utilisés dans la fabrication, aux dérangements dans l'usine, aux expansions, à l'addition d'un nouveau produit, à la suppression d'autres, etc. Le but principal de la correction des mesures du rendement énergétique brut afin d'en tirer le **rendement énergétique net** est l'exclusion des facteurs ayant une influence sur l'efficacité énergétique qui sont en dehors du contrôle du gestionnaire de l'énergie ou qui ne peuvent pas être attribués à la gestion de l'énergie. Être au courant des changements dans l'efficacité énergétique corrigée permettra au gestionnaire de l'énergie d'évaluer l'efficacité des mesures prévues ou apportées ayant pour objet l'amélioration de l'efficacité énergétique.

3.2 - Isoler les types de consommation d'énergie à des fins de diagnostic

Pour faciliter la description de la méthode visant à corriger la comptabilisation de l'énergie, il serait utile de séparer la consommation énergétique d'un centre de comptabilité en deux secteurs distincts: l'énergie fixe et l'énergie variable.

L'énergie fixe correspond à celle qui est consommée même si le processus couvert par le centre de comptabilité est dans un état latent ou ralenti (fermeture). Cela comprend l'énergie pour le chauffage, l'éclairage et la ventilation, pour les services auxiliaires tels que les ateliers d'entretien, les laboratoires,

les bureaux, la cafétéria et l'entrepôt, et pour des installations qui doivent continuer à fonctionner (ex: maintien de certains niveaux de température) même si elles ne sont pas exploitées (c.-à-d. en cas d'un édifice inoccupé). En général, c'est la température qui a le plus grand effet sur la consommation énergétique fixe.

La consommation de **l'énergie variable** correspond à celle qui change dans le même sens — peut-être pas au même degré — que le taux de production lorsque ce taux est mesuré "à la minute" ou "à l'heure" (c.-à-d. dans des conditions d'exploitation normales et constantes). Dans de nombreuses industries, au fur et à mesure qu'augmente le temps de production unitaire, augmente aussi la consommation d'énergie. La première unité étant alors produite au cours d'une période qui cause, généralement, l'augmentation la plus importante de la consommation de l'énergie variable. Au fur et à mesure que s'accroît la production, augmente aussi la consommation de l'énergie mais selon des quantités de plus en plus petites à mesure que l'on s'approche du **taux de fabrication de la production**. Celui-ci est déterminé technologiquement et logistiquement. On entend par ce taux la quantité optimale ou de conception de production que ce procédé peut produire dans des conditions d'exploitation normales par unité de temps. (Exprimé quelquefois en unités/minute ou unités/heure). Si on dépasse ce seuil, le rapport énergie-production augmente souvent. Graphiquement, nous avons représenté à la figure 2 les relations entre la consommation énergétique fixe, variable et totale, et le taux de production relativement au taux de fabrication de la production.

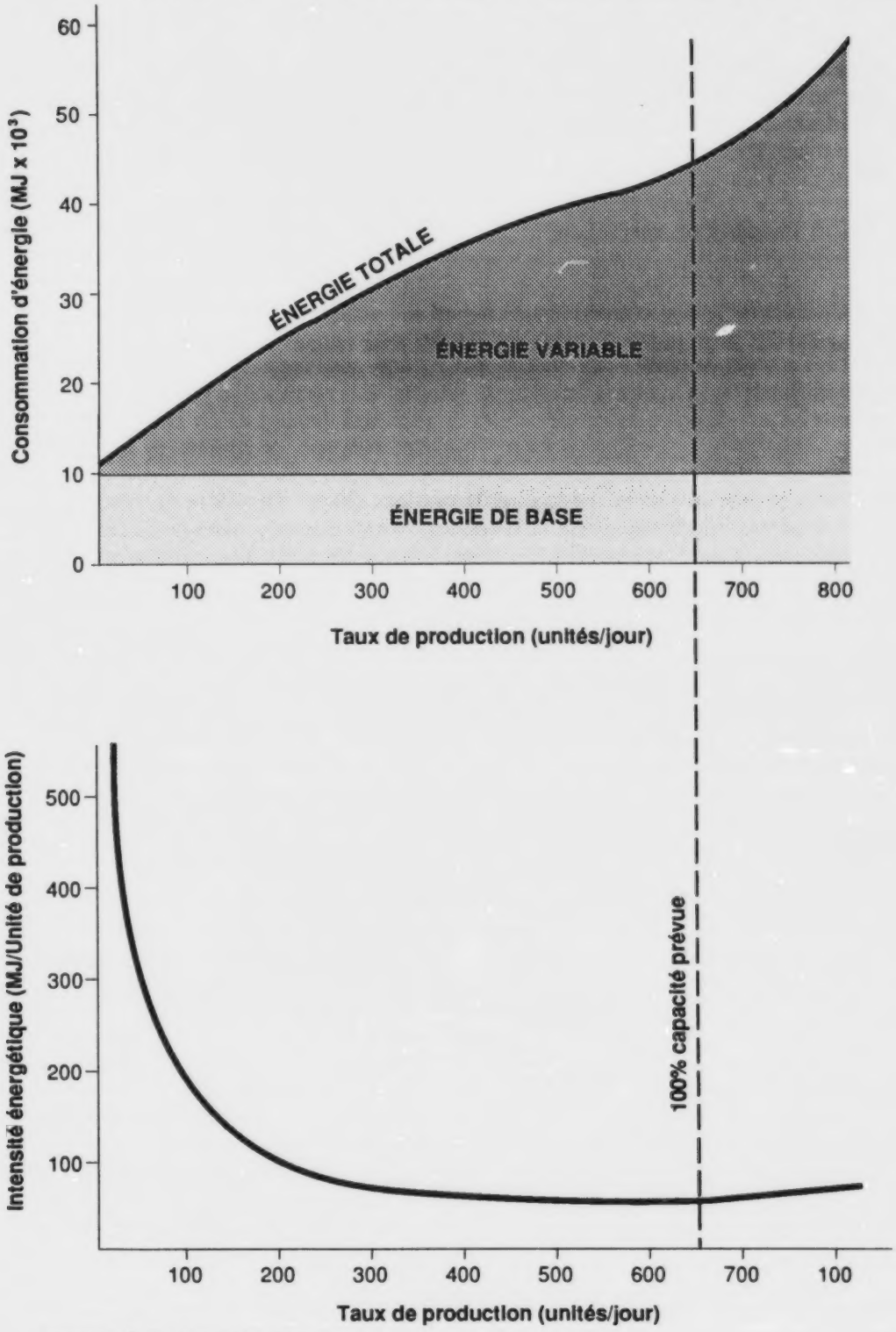
En pratique, il n'est pas facile de distinguer la consommation énergétique fixe de la variable. S'il était possible d'obtenir des relevés de compteur lorsque les processus de production sont au ralenti, on aurait alors une consommation d'énergie fixe. Lorqu'un centre de comptabilité est exploité, tout relevé de compteur mesure obligatoirement l'énergie fixe et variable. Ainsi, en soustrayant l'énergie fixe relevée auparavant, on obtient la quantité d'énergie variable.

Il n'est pas toujours possible de faire faire des relevés lorsque l'installation est inopérante. Toutes les sources d'énergie ne se mesurent pas avec des compteurs. On peut aussi trouver l'élément d'énergie fixe sur la plaque de spécification de l'équipement en question. Afin de déterminer l'élément variable de leur consommation énergétique totale, les entreprises ayant de grandes usines complexes qui consomment de grosses quantités d'énergie auraient intérêt à entreprendre une vérification détaillée de l'utilisation énergétique. Les entreprises qui ont des procédés de production caractérisés par des domaines d'utilisation énergétique facilement identifiables n'auront probablement pas besoin d'en faire autant.

Il se peut que la totalité de la consommation énergétique fixe et variable estimée par les moyens susmentionnés ne soit pas égale à la consommation totale. La différence doit être affectée arbitrairement (en supposant que les meilleures estimations possibles aient été obtenues des spécifications) soit à la consommation fixe soit à la variable. Il faudrait tenir compte de l'ajout d'une nouvelle machine au processus de fabrication ou d'un changement de processus d'une manière qui peut altérer le partage de l'énergie variable-fixe.

Figure 2

COMPARAISON TYPIQUE ENTRE LE TAUX DE PRODUCTION ET LA CONSOMMATION OU L'INTENSITÉ DE L'ÉNERGIE



Remarque: À titre d'example seulement

Finalement, le fait d'isoler les éléments fixes et variables de la consommation énergétique totale permettra au gestionnaire de l'énergie de retrouver les origines des changements observés dans le rapport énergie-production. Non seulement pourra-t-on discerner des taux de rendement optimum (optimal étant défini en termes de consommation énergétique par unité de production), mais on pourra isoler, au sein du centre de comptabilité, des éléments de consommation énergétique spécifiques afin de les désigner comme cible possible de rénovation ou de remplacement dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique.

3.3 - Facteurs de correction

Les influences sur le rapport énergie-production et, en conséquence sur l'efficacité énergétique du centre de comptabilité peuvent être d'origine soit interne soit externe. Corriger les influences externes de manière à produire des chiffres de rendement énergétique aussi impartiaux que possible devrait se faire constamment de façon à pouvoir comparer les résultats de la comptabilisation énergétique au cours des années.

Le tableau ci-dessous résume les types de corrections que les entreprises des secteurs industriels, commerciaux et institutionnels devraient considérer. Il indique ceux pour lesquels ce manuel donne des formules.

Situations nécessitant des corrections	Relève de Installation Industrielles	Édifices	Manuel donne la formule
1. Changements dans la qualité des matières premières ou d'apport	X		Oui
2. Substitution de combustible dictée par des forces externes	X	X	Oui
3. Changements dans le taux de production	X		Oui
4. Changements des règlements de sécurité et/ou environnementaux	X	X	Non
5. Décisions d'achat ou de fabrication	X	X	Non
6. Conditions météorologiques	X	X	Oui

7.	Interruptions de production	X	X	Non
8.	Expansion de l'usine ou du bâtiment	X	X	Non
9.	Usines ou bâtiments neufs	X	X	Non
10.	Produits et services nouveaux	X	X	Non
11.	Changement de la qualité du service et du produit	X	X	Non

3.3.1- Changements de la qualité des matières premières ou d'apport

Quelquefois il est difficile de trouver des matières premières de bonne qualité. La quantité d'énergie normalement requise pour transformer une quantité donnée de matières premières dépend en grande partie de certaines qualités de cette matière. Si ces caractéristiques varient selon la saison, la source, les différentes qualités en provenance de la même source, du degré de traitement antérieur à la vente, etc., alors le rapport énergie-production du centre de comptabilité, de l'usine ou de l'entreprise pourra également varier.

Lorsqu'on peut déceler un changement dans la qualité de la matière d'apport par suite du changement de la quantité de cette matière, il faudra apporter une simple correction pour tenir compte de ce changement. Ainsi, on pourra comparer les mesures de consommation d'énergie de la période en cours à celles de la période de base.

Remarquez qu'une baisse de la qualité de la matière d'apport pourrait soit augmenter soit réduire le E_a du centre de comptabilité. Lorsque tous autres effets sur le prix de production sont connus, on assiste à une diminution du prix unitaire de production. Toutes ces circonstances doivent être prises en considération lorsqu'on évalue les données sur le RE_b.

Pour corriger les changements relatifs à la qualité de la matière d'apport, il faut simplement multiplier la quantité de matière première utilisée dans la période en cours (Qi_a) par le changement de l'énergie variable (EV) consommée par unité de matière première (Qi) entre la période en cours (période A) et la période précédente (période A-1). Le résultat est la quantité en MJ par laquelle l'énergie équivalente de l'année de base (E_b) doit être corrigée afin de tenir compte du changement de qualité de la matière première.

Facteur de correction de la qualité de la matière d'apport = $[(EV_a / Qi_a) - (EV_{a-1} / Qi_{a-1})]$

Cette formule montre automatiquement si la correction est positive ou négative.

Si les changements de qualité ont lieu régulièrement ou fréquemment, il faut simplement ajouter chaque nouveau facteur de correction au total cumulatif (net) des corrections précédentes (voir l'exemple dans la section 5).

3.3.2 - Substitution de combustible

Des corrections similaires peuvent se faire lorsqu'il s'agit de tenir compte des différences dans les demandes d'efficacité ou de manutention de matériaux par l'utilisateur associées à des types particuliers d'énergie. Ces différences deviennent importantes lorsqu'une source d'énergie est remplacée par une autre. La même chose s'applique également lorsqu'on achète de la vapeur au lieu de la fabriquer soi-même (ou vice versa), lorsqu'on établit un processus de cogénération, ou lorsqu'on commence à utiliser des sources énergétiques renouvelables (solaire, éolienne, géothermale).

Remarque: Lorsqu'un changement du type d'énergie a lieu pour des raisons en dehors du contrôle du centre de comptabilité (ou de l'entreprise), il faut faire la correction pour normaliser la consommation d'énergie de l'année en cours par rapport à l'année de base. Si le changement est le résultat d'une décision en pleine connaissance (pour mieux garantir l'approvisionnement de l'énergie, pour s'assurer contre les fluctuations des prix, pour réduire les frais de manutention ou pour réduire le prix unitaire général), il ne faut pas faire de correction. La consommation d'énergie de l'année en cours pourrait refléter tous ces changements dans le rapport énergie-production relevant des efforts pour améliorer le processus de production.

Pour corriger un changement dans le genre ou dans la combinaison d'énergie utilisée, il faut d'abord calculer **l'efficacité d'utilisation de l'énergie** (U) des types d'énergie en question (où le type d'énergie peut être spécifié par un chiffre: i = 1,2,3... et chaque chiffre représente un type d'énergie différent). La vapeur de production achetée, par exemple, est efficace à 100 %. Pour son exploitation il ne faut pas la convertir à une autre forme d'énergie afin de l'utiliser. Les fuels lourds C pour soutes, d'autre part, peuvent perdre 20 % de leur énergie lorsqu'ils servent à produire de la vapeur de production. Leur efficacité énergétique dépend du combustible et du processus en question. Le gestionnaire de l'énergie ferait bien de demander conseil à un ingénieur de fabrication lors de l'estimation de ces efficacités. Toutefois, lorsque celles-ci sont déterminées, il est très simple de calculer le facteur de correction. La quantité d'énergie consommée (e) en utilisant le type d'énergie employé (type i) durant la période en cours (période a)- soit ei_a - multiplié par le rapport entre son efficacité d'énergie (U_i) et celle du type d'énergie antérieur (Uj), où le type d'énergie j n'est pas le même que le type d'énergie (i) donnera la quantité qui aurait été utilisée pour la production de la période en cours si l'ancien type d'énergie avait été utilisé. Ce chiffre, ôté de la quantité réelle d'énergie consommée durant la période en cours, donne la quantité d'énergie qui représente la différence entre la production avec l'ancien type d'énergie et le nouveau .

Correction de substitution de combustible (MJ) = ei_a - [ei_a x U_i / U_j]

Il faut ensuite ajouter le chiffre corrigé à l'énergie équivalente de la période de base (E_b), avant de calculer les changements de l'efficacité énergétique.

On calcule la correction de substitution du combustible chaque année en se servant des mêmes efficacités d'utilisation de l'énergie, même si les améliorations de fabrication ont changé ces efficacités pour la période en cours. Si, dans un tel cas, l'efficacité réelle est employée à des fins de correction, l'amélioration du RE_b par suite du changement de fabrication ne se verrait pas dans les résultats de la comptabilisation de l'énergie.

3.3.3 – Changements du taux de fabrication du produit

Normalement, le rapport énergie-production va en s'améliorant au fur et à mesure que la production énergétique augmente vers le taux de fabrication du produit car les besoins énergétiques de base sont réparties sur un plus grand nombre d'unités de production. Tout comme la consommation énergétique totale augmente souvent au-delà du taux de fabrication, le rapport énergie-production s'élève fréquemment dès que l'on dépasse le taux de fabrication du produit. Changer alors le taux de production peut avoir un effet sur le rapport énergie-production. Si l'on effectue ce changement dans le seul but de conserver de l'énergie, il ne faudra pas faire de correction. Si on l'effectue pour d'autres raisons (par exemple par suite de changements dans la demande du produit), il faudrait alors faire la correction afin de ne pas influencer les résultats du RE_b.

La correction s'appliquant à un changement du taux de production relativement au taux de fabrication du produit est facile à faire. Dans le cas le plus simple, le taux de production reste constant durant la totalité de la période de comptabilisation en cours. La différence entre le rapport énergie-production pour le taux de production en cours (E_{ar}) et pour celui associé à la période de base (E_{br} calculé d'une manière analogue), lorsque multipliée par la quantité produite durant la période en cours (Q_a), donnera la correction du taux de production en MJ:

Correction du taux de production (MJ) = Q_a x [E_{ar} - E_{br}]

On ajoute le résultat à l'estimation de l'équivalent énergétique de la période de base. Ainsi, un résultat positif signifie que le taux de production moyen en cours a plus d'intensivité énergétique que durant la période de base. Un résultat négatif signale une amélioration dans le rapport énergie-production.

Un cas plus complexe serait celui où le taux de production varie durant la période en cours (ou durant la période de base), de manière que le rapport énergie-production varie également au cours de cette

période. Dans ce cas, il faudra prendre une moyenne pondérée du rapport énergie-production qui tient compte de chaque taux de production identifiable et du rapport énergie-production s'y rapportant. Chaque taux de production (mesuré en périodes unités/temps) doit être multiplié par le nombre correspondant des unités de temps qui prévalaient durant la période de comptabilisation afin d'obtenir le nombre total d'unités produites à ce taux. Le rapport énergie-production se rapportant à chaque taux de production (déterminé selon les estimations décrites à la section 3.2 ci-dessus) est, à son tour, multiplié par le nombre d'unités produites à chaque taux respectif afin de donner le chiffre total de l'énergie consommée pour chaque intensité. Faire le total de toutes les unités produites à chaque taux de production donne la production totale fabriquée au cours de la période de comptabilisation. Faire le total de la consommation d'énergie à chaque taux de production donne la consommation énergétique totale. On peut se servir des chiffres de l'E_{ar} (ou E_b) utilisés pour l'équation de correction du taux de production ci-dessus.

3.3.4 - Changements des règlements de sécurité et/ou environnementaux

Les changements aux règlements ayant trait à la sécurité et à l'environnement, dans la mesure où ces changements entraînent l'achat de nouveaux équipements ou des modifications de fabrication, peuvent résulter en une augmentation des besoins d'énergie par unité de production. Il est évident qu'il n'est pas possible de se servir d'une correction unique pour couvrir toutes les influences possibles de ce genre. En général, toutefois, une mesure de correction comprend le calcul de la quantité d'énergie associée au changement environnemental réglementaire dans le but de modifier la mesure E_b et de simuler dans la période de base les conditions d'exploitation en cours. Il faut faire attention de reconnaître dans le processus de comptabilisation énergétique les influences possibles à longue échéance des changements réglementaires. Il se peut qu'un nouveau règlement ait un effet permanent à partir de l'année dans laquelle il entre en vigueur. D'autre part, l'effet pourrait porter sur l'augmentation du rapport énergie-production, soit graduellement soit par étapes, durant plusieurs périodes de comptabilisation.

3.3.5 - Décisions portant sur la fabrication et l'achat

De toutes les matières d'apport employées dans un centre de comptabilité pour la fabrication du produit fini, certaines sont manufacturées au sein même du centre de comptabilité tandis que d'autres proviennent de sources externes. De temps en temps se produiront des changements dans la composition des matières d'apport. Peut-être en raison de la disparition d'une source externe ou de l'interruption de l'approvisionnement du matériau nécessaire à la fabrication interne. Pour corriger la période d'énergie de base pour ce genre de changement, il faudra estimer (ou calculer) la quantité d'énergie nécessaire afin de produire une unité d'apport. En multipliant ce chiffre par le nombre d'unités d'apport utilisées dans la période en cours, on obtient le chiffre de la correction (en MJ) à affecter au calcul du chiffre de l'E_b.

Le taux d'utilisation et de production de l'énergie associé à cet apport, enregistré au cours de la première période intégrale de comptabilisation après le changement, doit être employé pour les comparaisons des périodes de comptabilisation ultérieures.

3.3.6 - Conditions météorologiques

L'effet des conditions météorologiques sur la consommation de l'énergie au cours d'une période de temps donnée se manifeste surtout par des changements de température. Le **jour-degré** de chauffage est la mesure étalon utilisée pour estimer l'usage énergétique à des fins de chauffage. Les données des jours-degrés durant une période donnée sont fournies par Environnement Canada et par la plupart des fournisseurs de combustible.

Pour corriger les données de comptabilisation énergétiques brutes relatives aux changements de température, il faut comparer l'énergie requise pour le chauffage durant la période de base et la période en cours. Il faut d'abord compter le nombre de degrés-jours de la période en cours (D_a) et de la période de base (D_b) selon les données d'Environnement Canada. Puis il faut calculer l'accroissement simple entre les deux périodes et multiplier ce chiffre par la quantité d'énergie employée à des fins de chauffage durant la période de base (EH_b). Le résultat est la quantité d'énergie calorifique qui aurait été utilisée durant la période de base si le nombre de degrés-jours en question avait été identique à celui de l'année en cours:

$$\text{Correction d'énergie calorifique par degré-jour (MJ)} = EH_b \times [(D_a - D_b)/D_b]$$

Si les degrés-jours de la période en cours sont plus élevés que durant la période de base, la correction sera positive; autrement elle sera négative. Dans les deux cas, il faut simplement ajouter la correction à l'E_b afin de simuler dans la période de base les conditions de température de la période en cours.

Dans les industries de fabrication, une petite part de l'énergie totale utilisée s'applique au chauffage et au réchauffement des matières premières de la température ambiante à la température de fabrication. Si la variation de la température n'est que d'un pourcentage minime d'année en année, l'impact sur l'efficacité énergétique totale sera minime. Bien entendu, dans les édifices où une partie substantielle de l'énergie s'applique au chauffage, cet effet pourrait être considérable.

Des proportions importantes d'énergie fixe peuvent servir à des fins de climatisation. Malheureusement, il est bien plus difficile de faire des corrections pour le refroidissement que pour le chauffage, puisque les effets de l'humidité, de l'ensoleillement, etc, sur les systèmes de refroidissement doivent faire partie de la comptabilisation. Il est recommandé de consulter des spécialistes sur les corrections appropriées s'appliquant à un centre de comptabilité donné lorsque l'utilisation de l'énergie à des fins de refroidissement est important.

3.3.7 - Autres facteurs à considérer

Bien qu'il ne soit peut-être pas nécessaire de faire des corrections dans la même mesure que pour les facteurs mentionnés plus haut, il demeure que les effets de certains événements doivent être pris en considération dans la comptabilisation de l'énergie.

1. *Interruptions de production* – Toutes les interruptions de la production ne sont pas routinières. À l'encontre des fermetures pour le rajustement des machines-outils au commencement de la fabrication d'un nouveau modèle ou pour des vacances prévues, il y a des exceptions aux événements normaux, en dehors du contrôle du gestionnaire d'énergie: grèves, calamités, pannes d'électricité générales et ainsi de suite. Même si une usine ou un bâtiment reste ouvert durant ces périodes (et consomme au moins l'énergie fixe), la production ne se fait pas. Ainsi, toute énergie consommée durant ces périodes de ralenti devrait être exclue de la période totale, afin de ne pas affecter de façon négative le rapport énergie-production.

2. *Expansion de l'usine ou du bâtiment* – Des travaux de construction entrepris sur les lieux d'une usine ou dans un édifice existant utilisent de l'énergie qui n'affecte pas directement la fabrication de biens. De même, lorsqu'une nouvelle installation entre en production, il est normal que la demande d'énergie augmente temporairement au-delà de ce qu'elle serait lorsque les nouveaux procédés sont exploités normalement. Pour tenir compte de ces deux événements, il vaudra mieux exclure les mesures de consommation énergétique et de production des chiffres représentant les parties des périodes au cours desquelles soit la construction, soit la mise en production, soit les deux ont lieu.

3. *Usines ou bâtiments nouveaux* – De nouveaux capitaux, qu'ils soient employés pour augmenter ou substituer le matériel ou les aménagements anciens, produisent presque toujours un plus grand degré d'efficacité énergétique que l'usine existante. En fait, lorsqu'on construit une usine ou un édifice tout à fait nouveau, le rendement énergétique en résultant sera affecté. Ce genre de changement, bien entendu, est le résultat de décisions commerciales conscientes dans le but d'améliorer la production. Il ne faut donc pas faire de correction aux données de comptabilisation énergétique dans ce cas. Pour les nouvelles installations de remplacement qui fabriquent les mêmes produits, il faut continuer à calculer les équivalents de la période de base au niveau de l'efficacité qui existait dans l'ancienne usine ou dans l'ancien édifice. Les nouveaux aménagements représentant une capacité de production accrue doivent être ajoutés aux calculs généraux de rendement énergétique de l'entreprise où l'effet de leur efficacité énergétique sera pris en considération.

   Lorsque les vieilles et les nouvelles usines ou les vieux et les nouveaux édifices coexistent, et que l'entreprise désire continuer à se servir de la même période de base pour relever les améliorations énergétiques comprises dans la nouvelle installation, il faudra traduire les caractéristiques de productivité de la nouvelle usine dans des termes qui reflètent dans la période de base "la technicité à la pointe du progrès" de ce type d'installation. Autrement dit, il faudra faire des estimations des rapports énergie-production qui auraient eu lieu si la nouvelle usine ou

le nouvel édifice avait été construit, entièrement mis en service et exploité durant toute la période de base. De cette manière le rendement énergétique de la nouvelle installation comprendrait les améliorations se rapportant à l'efficacité énergétique plus élevée, incarnée dans le nouvel équipement et dans les nouveaux procédés. Le rendement énergétique initial très élevé sera attribué, en grande partie, à la conception de la nouvelle usine et des installations, plutôt qu'à une gestion prudente de l'énergie. Les changements de rendement au cours des périodes à venir mettront toutefois en valeur les décisions relatives à la gestion énergétique.

4. *Nouveaux produits et services* – Qu'ils soient produits dans des installations nouvelles ou existantes, les nouveaux produits ou services auront un effet distinct sur les rapports énergie-production. D'abord, il faut s'assurer que l'unité de mesure choisie dans le passé pour enregistrer quantitativement la production s'applique encore. Dans la négative, il faudra choisir une nouvelle mesure de la manière énoncée à la section 2.3. Il serait peut-être sage de recommencer le processus de comptabilisation de l'énergie après le lancement du nouveau produit; la première période de comptabilisation ne devrait alors commencer que lorsque la phase de mise en service de l'installation est terminée.

5. *Changement de la qualité et/ou des particularités du produit ou du service* – Il faudra faire des corrections si des changements de la qualité ou des caractéristiques du produit ou du service sont en dehors du contrôle du gestionnaire de l'énergie ou lorsque le processus modifié entraîne des changements dans les rapports énergie-production. Ces corrections de la consommation énergétique équivalente de l'année de base sont négatives si la fabrication du produit ou de service modifié demande moins d'énergie qu'auparavant, et positive dans le cas contraire.

3.4 - Rendement énergétique net du centre de comptabilité

Chacune et toutes les corrections (positives ou négatives) effectuées dans le but de démontrer plus précisément les changements dans le rapport énergie-production dus à un effort conscient de conservation d'énergie peuvent être amalgamées et ajoutées à l'E_b pour produire ce que nous pouvons appeler **l'équivalent énergétique de la période de base** ou E'_b. On pourra alors se servir de ce chiffre pour calculer le **rendement énergétique net** final ou RE_n du centre de comptabilité tel qu'indiqué sur le formulaire 6. Quand on aura tenu compte de toutes les corrections mentionnées plus haut, il sera facile de discerner, grâce à la comptabilisation énergétique, les bénéfices de l'efficacité énergétique découlant des activités de gestion de l'énergie. La mesure finale du rendement énergétique net exprime toute amélioration de l'efficacité énergétique comme un pourcentage de E'_b et permet de faire des comparaisons futures selon une seule norme.

3.5 - Rendement énergétique net de l'entreprise

On peut amalgamer les données sommaires de chaque centre de comptabilité d'une entreprise afin de calculer le rendement énergétique net à l'échelon de l'usine ou de l'entreprise tel qu'indiqué sur le formuliare 7. Un E_b de l'entreprise entière se calcule à partir des données de l'E_b et de l'E'_b de tous les

centres de comptabilité. A partir de là, on peut obtenir une mesure de l'importance de n'importe quels changements de l'efficacité énergétique, de la manière décrite plus loin. Le rapport de la différence entre E_b et E_a de l'entreprise et de E'_b donne l'envergure proportionnelle du changement du rendement énergétique de l'entreprise entière entre la période en cours et la période de base. (En multipliant ce résultat par 100 on obtient l'amélioration exprimée en pourcentage.)

$$\text{Rendement énergétique net (\%)} = [(E'_b - E_a) / E'_b] \times 100$$

On peut comparer ces mesures à celles d'autres entreprises du même secteur ou d'autres secteurs, à l'échelon régional ou national.

4 - IMPACTS FINANCIERS DE L'ÉCONOMIE ÉNERGETIQUÉ

Comme nous l'avons mentionné plus tôt, la valeur de la gestion et de la comptabilisation de l'énergie dont l'entreprise pourra bénéficier réside surtout dans l'économie faite sur les dépenses, plutôt que dans les simples économies d'énergie. Dans le but de tenir compte de ces impacts financiers, nous proposons les méthodes suivantes. Bien que les gestionnaires d'entreprises et d'édifices puissent adopter des méthodes particulières de comptabilisation des économies portant sur les prix de l'énergie, la méthode suivante est un point de départ utile:

1. *Déterminer l'économie énergétique dans la période en cours relativement à la période de base.* Ce chiffre est calculé comme étant la différence entre la consommation énergétique imputée et réelle durant la période en cours, définie dans la section 2.1 et à la figure 1. Lorsque justifié, il faut utiliser des chiffres corrigés pour enregistrer la consommation énergétique imputée, selon les explications à la section 3.

2. *Calculer le prix moyen de l'énergie pour la période en cours ($/MJ).* Il faut calculer ce prix à titre de prix moyen pondéré de l'énergie, en utilisant comme facteurs les parts de chaque type d'énergie de la consommation énergétique totale (MJ) du centre de comptabilité.

3. *Appliquer le prix moyen calculé à l'étape 2 à la quantité d'énergie économisée durant la période en cours, calculée à l'étape 1.* Le résultat représente la valeur monétaire des économies d'énergie durant la période en cours. Il est utile d'additionner ces chiffres au cours des années pour montrer la valeur monétaire cumulative totale des activités de gestion énergétique de l'entreprise. Remarquez que cette méthode simplifiée présume que la composition des formes d'énergie économisées est égale à celle consommée en ce moment-ci par l'entreprise.

Le formulaire 8 (voir annexe D) est un échantillon que l'on peut utiliser pour calculer ces impacts financiers sur la gestion de l'énergie. La section 5 fournit des exemples en chiffres illustrant la méthode de calcul, y compris des exemples du formulaire 8.

5 - APPLICATION DES CONCEPTS: EXEMPLES EN CHIFFRES

5.1 - ABC Manufacturing Inc.

ABC est un fabricant de produits chimiques ayant trois usines au Canada dont chacune fabrique un produit différent. Au cours de l'année de base, l'usine A utilise de l'électricité et du mazout et les usines B et C utilisent de l'électricité et du gaz naturel. Durant l'année en cours, l'usine A change de l'utilisation du mazout à celle de gaz naturel, tandis qu'aucun changement n'est effectué dans les deux autres usines. Le tableau 2 montre les données pour les années de base et en cours et résume les calculs de l'efficacité énergétique. Les formulaires remplis, 1 à 4 et 5 à 7 donnent les détails de la manière dont ABC a calculé son rendement brut et net, respectivement.

Remarquez que, dans cet exemple, les corrections faites pour transférer le rendement brut au rendement net étaient basées sur des changements de la qualité de la matière première, de la composition du combustible et du taux de production.

Le formulaire 8 présente les calculs effectués pour trouver les économies sur les dépenses provenant des activités de gestion de l'énergie entre l'année de base et celle en cours. Notez que les deux séries de chiffres énoncés correspondent aux économies provenant du rendement brut amélioré (non corrigé) et du rendement énergétique net (corrigé).

5.2 - Canada Office Plaza

Canada Office Plaza est un gratte-ciel comprenant des bureaux et des magasins de détail. Dans l'année de base et de celle en cours, la "production" est l'espace utile de 20 000 m^2. L'électricité et le gaz naturel sont les formes d'énergie utilisées dans l'édifice. Le tableau 3 donne les données pertinentes de l'édifice pour l'année de base et l'année en cours et résume les calculs de l'efficacité énergétique. Les formulaires remplis 1 à 4 et 5 à 7 donnent le détail des calculs pour mesurer le rendement énergétique brut et net, respectivement. Notez la correction en degrés-jours de chauffage. Ce facteur tient compte des différences entre les facteurs de rendement énergétique brut et net.

Le formulaire 8 présente le calcul des économies associées aux activités de gestion de l'énergie entre l'année de base et de celle en cours. Les deux séries de chiffres énoncées représentent les économies provenant de l'amélioration du rendement énergétique brut et net.

TABLEAU 2

EXEMPLE: ABC MANUFACTURING INC.

		Usine A	Usine B	Usine C	Total
Période de base					
1.	Production (tonnes)	20 000	10 000	30 000	
2.	Usage d'électricité (kWh)	800 000	420 000	1 000 000	
3.	Gaz naturel (m^3)	—	100 000	250 000	
4.	Mazout (litres)	160 000	—	—	
5.	Consommation d'énergie totale (MJ)[1]	9 360 000	5 232 000	12 900 000	27 492 000
Période en cours					
6.	Production	28 000	15 000	39 000	
7.	Électricité	1 042 000	580 000	1 235 000	
8.	Gaz naturel	229 000	138 000	309 000	
9.	Mazout	—	—	—	
10.	Consommation d'énergie totale (MJ)[1]	12 270 000	7 221 600	15 940 800	35 432 400
11.	Facteur de production (= 6/1)	1,4	1,5	1,3	
12.	Equivalent de l'année de base (imputé) Consommation d'énergie année courante (à l'intensité énergétique de l'année de base) (= 5 x 11)	13 104 000	7 848 000	16 770 000	37 722 000
13.	Rendement énergétique brut (Changement de l'efficacité énergétique) (= $\frac{12 - 10}{12}$ x100)	+ 6,4%	+ 8,0%	+ 5,0%	+ 6,1%

[1] La consommation d'énergie totale en MJ est calculée comme l'utilisation d'électricité (kWh) fois 3,6 MJ/kWh, plus l'utilisation de gaz naturel (m^3) fois 37,2 MJ/m^3, plus l'utilisation de mazout (litres) fois 40,5 MJ/litre.

CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET PRODUCTION
Formulaire 1

Société: ABC MANUFACTURING Centre: Usine A

Produit: _____ Période: Période de base

Préparé par: _____ Date _____

Données/ Sous-périodes	Energie (quantité par unités achetées) [voir 2.5.2]							Unités de production (Quantité) [voir 2.5.1] (8)
	Mazout: (litres) (1)	Gaz naturel (m^3) (2)	Électricité (kWh) (3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Janv.	24 000		50 000					1 250
Févr.	20 000		65 000					1 650
Mars	18 000		65 000					1 625
Avril	17 000		65 000					1 625
Mai	8 000		80 000					2 000
Juin	2 000		100 000					2 500
Juill.	2 000		80 000					2 000
Août	1 000		75 000					1 875
Sept.	10 000		60 000					1 500
Oct.	18 000		60 000					1 500
Nov.	20 000		50 000					1 250
Déc.	20 000		50 000					1 250
Correction fin de période								
Totaux	160 000		800 000					20 000 (9)

QUANTITÉ TOTALE D'ÉNERGIE UTILISÉE
Formulaire 2

[voir 2.5.2]

Société: ABC MANUFACTURING Centre: Usine A

Produit: _____ Période: Période de base

Production Totale: 20 000 tonnes F-1(9) Préparé par: _____ Date _____

(1) Type d'énergie	(2) Quantité consommée* (Unités physiques)	(3) Facteur de conversion d'énergie (Mégajoules [MJ]/Unité)	(4) = (2) x (3) Énergie utilisée (MJ)
Mazout	160 000 litres	40,5 MJ/litre	6 480 000
Électricité	800 000 kWh	3,6 MJ/kWh	2 880 000

*totaux des colonnes 1-7 du Formulaire F-1

TOTAL 9 360 000 (5)

RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE BRUT
(CHANGEMENT DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE)
Formulaire 3

[voir 2.5.4]

Société: ABC MANUFACTURING

Centre: Usine A

Période: 1988

Année de Base: 1986

Préparé par: _____ Date _____

$$\text{Facteur de production} = \frac{\text{Production année en cours}}{\text{Production année de base}} = \frac{\text{F - 1(9) Année en cours}}{\text{F - 1(9) Année de base}} = \frac{(\ 28\ 000\ )}{(\ 20\ 000\ )} = 1{,}4 \quad (1)$$

Équivalent de l'année de base = Énergie de l'année de base X Facteur de production

= (9 360 000) x (1,4) = 13 104 000 MJ (2)

$$\text{Rendement énergétique brut (*Changement de l'efficacité énergétique*)} = \frac{\text{Équivalent d'énergie de l'année de base - Énergie de l'année en cours}}{\text{Équivalent d'énergie de l'année de base}}$$

$$= \frac{(2) - [F - 2(5)]}{(2)} \times 100 = \frac{(\ 13\ 104\ 000\ ) - (\ 12\ 270\ 000\ )}{(\ 13\ 104\ 000\ )} \times 100$$

= 6,4 %

NOTA: Si le résultat est positif, le rendement s'est amélioré. L'inverse indique que le rendement s'est détérioré

RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE BRUT COMBINÉ DES CENTRES DE COMPTABILITÉ

Formulaire 4

[voir 2.5.4]

Société: ABC MANUFACTURING Période: 1988

Groupe des centres de comptabilité: _____ Préparé par: _____ Date

Centre de comptabilité (1)	Consommation totale d'énergie Année en cours (MJ) [de F - 2(5)] (2)	Équivalent d'énergie Année de base (MJ) [de F - 3(8)] (3)
Usine A	12 270 000	13 104 000
Usine B	7 221 600	7 848 000
Usine C	15 940 800	16 770 000
TOTAUX	35 432 400 (4)	37 722 000 (5)

$$\text{Rendement énergétique brut combiné} = \frac{\text{Équivalent d'énergie année de base - Énergie année en cours}}{\text{Équivalent d'énergie année de base}} \times 100$$

$$= \frac{(5) - (4)}{(5)} \times 100 = \frac{(\ 37\ 772\ 000\ ) - (\ 35\ 432\ 400\ )}{(\ 37\ 772\ 000\ )} \times 100$$

$$= \underline{\quad 6,1 \quad} \% \text{ (6)}$$

(+) = Amélioration et (-) = Détérioration

CORRECTIONS ET RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE NET DU CENTRE DE COMPTABILTÉ

Formulaire 5

[voir 3.3]

Société: ABC MANUFACTURING Période: 1988

Centre: Usine A Année de base: 1986

Préparé par: _____ Date _____

TYPE DE CORRECTION	FORMULE ET CALCUL	CORRECTION (MJ)
1. Changement de qualité du matériau brut (voir 3.3.1)	$= Qi_c \left[\frac{VE_c}{Qi_c} - \frac{VE_{c-1}}{Qi_{c-1}} \right] = (\ 720\ ) \left[\frac{(\ 11\ 043\ 000\ )}{(\ 720\ )} - \frac{(\ 8\ 424\ 000\ )}{(\ 680\ )} \right]$	2 123 471
2. Substitution de combustible (voir 3.3.2)	$= ei_c - \left[\frac{ei_c \times U_i}{U_j} \right] = (\ 8\ 518\ 800\ ) - \left[\frac{(\ 8\ 518\ 800\ ) \times (\ 85\ )}{(\ 82\ )} \right]$	(311 663)
3. Changement du taux de production (voir 3.3.3)	$= Q_c\ [E_{cr} - E_{br}\ ] = (\ 28\ 000\ )\ [(\ 394\ ) - (\ 421\ )]$	(756 000)
4. Conditions climatiques (voir 3.3.4)	$= HE_b \left[\frac{D_c - D_b}{D_b} \right] = (\ \ ) \left[\frac{(\ \ ) - (\ \ )}{(\ \ )} \right]$	
5. Changement - Règlements sécurité/environnment (voir 3.3.5)	Requiert analyse des circonstances particulières	
6. Décisions production/achat	Requiert analyse des circonstances particulières	
7. Autre		

CORRECTION TOTALE À L'ÉQUIVALENT D'ÉNERGIE POUR LA PÉRIODE DE BASE 1 055 808 MJ(1)

Énergie de l'année de base corrigée = Équivalent d'énergie de l'année de base (MJ) + Corrections(1)=(F-3(2))+(1)

= (13 104 000) + (1 055 808) = 14 159 808 MJ(2)

Rendement énergétique net du centre

$$= \frac{\text{Équivalent d'énergie de l'année de base corrigé - Énergie année en cours}}{\text{Équivalent d'énergie année de base corrigé}} \times 100$$

$$= \frac{(\ 14\ 159\ 808\ ) - (\ 12\ 270\ 000\ )}{(\ (14\ 159\ 808)\ )} \times 100 = 13{,}3\ \%$$

DONNÉES TOTALES DE L'ÉNERGIE CONSOMMÉE

Formulaire 6

[voir 3.4]

Société: ABC MANUFACTURING Période: 1988

Préparé par: Date

(1) Centre de comptabilité	(2) Énergie consommée année en cours [de F-2(5)] (MJ)	(3) Équivalent d'énergie année de base [de F-3(2)] (MJ)	(4) Correction d'énergie année de base [de F-5(1)] (MJ)	(5) = 3 + 4 Équivalent d'énergie corrigé de l'année de base (MJ)
Usine A	12 270 000	13 104 000	1 055 808	14 159 808
Usine B	7 221 600	7 848 000	-	7 848 000
Usine C	15 940 800	16 770 000	-	16 770 000
TOTAUX	35 432 400 (6)	37 722 000 (7)	1 055 808 (8)	38 777 808 (9)

RAPPORT ANNUEL COMBINÉ DU RENDEMENT ET DE L'AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE EN %

Formulaire 7

[voir 3.5]

Société: ABC MANUFACTURING INC. Année en cours: 1988

Année en base: 1986

A. Consommation totale d'énergie pendant l'année en cours: 35 432 400 mégajoules F - 6(6) ou F - 4(4)

B. Consommation d'énergie équivalente pendant l'année de base: 37 722 000 mégajoules F - 4(5) ou F - 6(7)

C. Rendement d'énergétique brut combiné en (%)

$$\frac{\text{Équivalent d'énergie A.B. - Énergie A.C.}}{\text{Équivalent d'énergie A.B.}} \times 100$$

$$= \frac{B - A}{B} \times 100 = \underline{6,1}\ \% \qquad \text{F - 4(6)}$$

D. Corrections* 1 055 808 mégajoules F - 6(8)

E. Consommation de l'équivalent d'énergie corrigé pour l'année de base:

Équivalent d'énergie de l'année de base + Correction

B + D = 38 777 808 mégajoules 1 - 6(9)

F. Rendement énergétique net combiné en (%)

$$\frac{\text{Équivalent d'énergie corrigé A.B. - Consommation totale d'énergie A.C.}}{\text{Équivalent d'énergie corrigé A.B.}} \times 100$$

$$= \frac{E - A}{E} \times 100 = \underline{8,6}\ \%$$

* Corrections (type et importance)

- changement de qualité des matiéres premières	2 123 471
- substitution de combustible	(311 663)
- changement du taux de production	(756 000)

CALCUL DES ÉCONOMIES
(Basé sur les changements de l'efficacité énergétique non corrigés)
Formulaire 8A

[voir 4]

Société: ABC MANUFACTURING INC.

Centre: le même

Période: _____

Préparé par: _____ Date _____

	(1) Consommation d'énergie imputée (MJ)	(2) Consommation d'énergie réelle (MJ)	(3) = 1 - 2 Économies d'énergie (MJ)	(4) Prix moyen de l'énergie ($/MJ)	(5) = 3 x 4 Économies de dépenses ($)	(6) Total économisé ($)
Année de base (A.B.)	27 492 000	27 492 000	0	-	-	-
A.B. + 1	32 100 000	31 000 000	1 100 000	0,0062	6 820	6 820
A.B. + 2	37 722 000	35 432 400	2 289 000	0,0068	15 565	22 385
A.B. + 3						

CALCUL DES ÉCONOMIES
(Basé sur les changements de l'efficacité énergétique corrigés)
Formulaire 8B

[voir 4]

Société: ABC MANUFACTURING INC.

Centre: Le même

Période: _____

Préparé par: _____ Date _____

	(1) Consommation d'énergie imputée (MJ)	(2) Consommation d'énergie réelle (MJ)	(3) = 1 - 2 Économies d'énergie (MJ)	(4) Prix moyen de l'énergie ($/MJ)	(5) = 3 x 4 Économies de dépenses ($)	(6) Total économisé ($)
Année de base (A.B.)	27 492 000	27 492 000	-	-	-	-
A.B. + 1	32 300 000	31 000 000	1 300 000	0,0062	8 060	8 060
A.B. + 2	38 777 808	35 432 400	3 345 408	0,0068	22 749	30 809
A.B. + 3						

TABLEAU 3

EXEMPLE: CANADA OFFICE PLAZA

Période de base		Canada Office Plaza
1.	Production (m^2)	20 000
2.	Electricité (kWh)	3 000 000
3.	Gaz naturel (m^3)	350 000
4.	Mazout (litres)	—
5.	Consommation d'énergie totale (MJ)[1]	23 820 000
Période en cours		
6.	Production (m^2)	20 000
7.	Electricité	2 820 000
8.	Gaz naturel	329 000
9.	Mazout	—
10.	Consommation d'énergie totale (MJ)[1]	22 390 800
11.	Facteur de production (= 6/1)	1,0
12.	Equivalent de l'année de base (imputé) Consommation d'énergie année en cours (à l'intensité énergétique de l'année de base) (= 5 x 11)	23 820 000
13.	Rendement énergétique brut (Changement de l'efficacité énergétique) $(= \frac{12 - 10}{12} \times 100)$	+ 6,0%

[1]La consommation d'énergie totale en MJ est calculée comme l'utilisation d'électricité (kWh) fois 3,6 MJ/kWh, plus l'utilisation de gaz naturel (m^3) fois 37,2 MJ/m^3, plus l'utilisation de mazout (litres) fois 40,5 MJ/litre.

CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET PRODUCTION
Formulaire 1

Société: CANADA OFFICE PLAZA

Produit: _____

Centre: Le même

Période: Année de base

Préparé par: _____ Date _____

Données/ Sous-périodes	Énergie (quantité par unités achetées) [voir 2.5.2]							Unités de production (Quantité) [voir 2.5.1] (8)
	Mazout: (litres) (1)	Gaz naturel (m^3) (2)	Électricité (kWh) (3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Janv.		50 000	275 000					20 000
Févr.		45 000	275 000					20 000
Mars		45 000	275 000					20 000
Avril		40 000	250 000					20 000
Mai		25 000	225 000					20 000
Juin		10 000	225 000					20 000
Juill.		5 000	225 000					20 000
Août		15 000	225 000					20 000
Sept.		15 000	225 000					20 000
Oct.		20 000	250 000					20 000
Nov.		30 000	275 000					20 000
Déc.		50 000	275 000					20 000
Correction fin de période		N/A	N/A					
Totaux		350 000	3 000 000					20 000 (9)

QUANTITÉ TOTALE D'ÉNERGIE UTILISÉE
Formulaire 2

[voir 2.5.2]

Société: CANADA OFFICE PLAZA Centre: Le même

Produit: _____ Période: Année de base

Production Totale: _____ F-1(9) Préparé par: _____ Date _____

(1) Type d'énergie	(2) Quantité consommée* (Unités physiques)	(3) Facteur de conversion d'énergie (Mégajoules [MJ]/Unité)	(4) = (2) x (3) Énergie utilisée (MJ)
Électricité	3 000 000 kWh	3,6	10 800 000
Gaz Naturel	350 000 m^3	37,2	13 020 000

*totaux des colonnes 1-7 du Formulaire F-1

TOTAL 23 820 000 (5)

RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE BRUT
(CHANGEMENT DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE)
Formulaire 3

[voir 2.5.4]

Société: CANADA OFFICE PLAZA Centre: _____

Période: 1988

Année de base: 1986

Préparé par: _____ Date _____

$$\text{Facteur de production} = \frac{\text{Production année en cours}}{\text{Production année de base}} = \frac{\text{F - 1(9) Année en cours}}{\text{F - 1(9) Année de base}} = \frac{(\ 20\ 000\ )}{(\ 20\ 000\ )} = 1,0 \quad (1)$$

Équivalent de l'Année de base = Énergie de l'année de base X Facteur de production

= (23 820 000) x (1) = 23 820 000 MJ (2)

$$\text{Rendement énergétique brut} \textit{ (Changement de l'efficacité énergétique)} = \frac{\text{Équivalent d'énergie de l'année de base - Énergie de l'année en cours}}{\text{Équivalent d'énergie de l'année de base}}$$

$$= \frac{(2) - [F - 2(5)]}{(2)} \times 100 = \frac{(\ 23\ 820\ 000\ ) - (\ 22\ 390\ 800\ )}{(\ 23\ 820\ 000\ )} \times 100$$

= 6,0 %

NOTA: Si le résultat est positif, le rendement s'est amélioré. L'inverse indique que le rendement s'est détérioré

RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE BRUT COMBINÉ DES CENTRES DE COMPTABILITÉ

Formulaire 4

[voir 2.5.4]

Société: CANADA OFFICE PLAZA

Période: 1988

Groupe des centres de comptabilité: _____

Préparé par: _____ Date _____

Centre de comptabilité (1)	Consommation totale d'énergie année en cours (MJ) [de F - 2(5)] (2)	Équivalent d'énergie année de base (MJ) [de F - 3(8)] (3)
CANADA OFFICE PLAZA	22 390 800	23 820 000
TOTAUX	22 390 800 (4)	23 820 000 (5)

$$\text{Rendement énergétique brut combiné} = \frac{\text{Équivalent d'énergie année de base - Énergie année en cours}}{\text{Équivalent d'énergie année de base}} \times 100$$

$$= \frac{(5) - (4)}{(5)} \times 100 = \frac{(\ 23\ 820\ 000\ ) - (\ 22\ 390\ 800\ )}{(\ 23\ 820\ 000\ )} \times 100$$

$$= \underline{\quad 6{,}0 \quad} \%\ (6)$$

(+) = Amélioration et (-) = Détérioration

CORRECTIONS ET RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE NET DU CENTRE DE COMPTABILTÉ

Formulaire 5

[voir 3.3]

Société: CANADA OFFICE PLAZA

Centre: _____

Période: Même

Année de base: 1988

Préparé par: 1986 Date _____

TYPE DE CORRECTION	FORMULE ET CALCUL	CORRECTION (MJ)
1. Changement de qualité du matériau brut (voir 3.3.1)	$= Qi_c \left[\frac{VE_c}{Qi_c} - \frac{VE_{c-1}}{Qi_{c-1}} \right] = (\quad) \left[\left(\frac{\quad}{\quad}\right) - \left(\frac{\quad}{\quad}\right) \right]$	=
2. Substitution de combustible (voir 3.3.2)	$= ei_c - \left[\frac{ei_c \times U_i}{U_j} \right] = (\quad) - \left[\frac{(\quad) \times (\quad)}{(\quad)} \right]$	=
3. Changement du taux de production (voir 3.3.3)	$= Q_c [E_{cr} - E_{br}] = (\quad) [(\quad) - (\quad)]$	=
4. Conditions climatiques (voir 3.3.4)	$= HE_b \left[\frac{D_c - D_b}{D_b} \right] = (13\,020\,000) \left[\frac{(4\,146) - (4\,635)}{(4\,635)} \right]$	= (1 373 631)
5. Changement - Règlements sécurité/environnment (voir 3.3.5)	Requiert analyse des circonstances particulières	
6. Décisions production/achat	Requiert analyse des circonstances particulières	
7. Autre		

CORRECTION TOTALE À L'ÉQUIVALENT D'ÉNERGIE POUR LA PÉRIODE DE BASE (1 373 631) MJ(1)

Énergie de l'année de base corrigée = Équivalent d'énergie de l'année de base (MJ) + Corrections(1)=(F-3(2))+(1)

= (23 820 000) + (-1 373 631) = 22 446 369 MJ(2)

Rendement énergétique net du centre $= \frac{\text{Équivalent d'énergie de l'année de base corrigé - Énergie année en cours}}{\text{Équivalent d'énergie année de base corrigé}} \times 100$

$= \left(\frac{22\,446\,369 - 22\,390\,800}{22\,446\,369} \right) \times 100 =$ 0,25 %

DONNÉES TOTALES DE L'ÉNERGIE CONSOMMÉE
Formulaire 6
[voir 3.4]

Société: CANADA OFFICE PLAZA Période: 1988

Préparé par: _____ Date _____

(1) Centre de comptabilité	(2) Énergie consommée année en cours [de F-2(5)] (MJ)	(3) Équivalent d'énergie année de base [de F-3(2)] (MJ)	(4) Correction d'énergie année de base [de F-5(1)] (MJ)	(5) = 3 + 4 Équivalent d'énergie corrigé de l'année de base (MJ)
Même	22 390 800	23 820 000	(1 373 631)	22 446 369
TOTAUX	22 390 800 (6)	23 820 000 (7)	(1 373 631) (8)	22 446 369 (9)

RAPPORT ANNUEL COMBINÉ DU RENDEMENT ET DE L'AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE EN %

Formulaire 7

[voir 3.5]

Société: PLACE CANADA Année en cours: 1988

Année en base: 1986

A. Consommation totale d'énergie pendant l'année en cours — 22 390 800 mégajoules — F - 6(6) ou F - 4(4)

B. Consommation d'énergie équivalente pendant l'année de base — 23 820 000 mégajoules — F - 4(5) ou F - 6(7)

C. Rendement d'énergétique brut combiné en (%)

$$\frac{\text{Équivalent d'énergie A.B. - Énergie A.C.}}{\text{Équivalent d'énergie A.B.}} \times 100$$

$$= \frac{B - A}{B} \times 100 = \underline{6,0}\ \% \qquad \text{F - 4(6)}$$

D. Corrections* — (1 373 631) mégajoules — F - 6(8)

E. Consommation de l'équivalent d'énergie corrigé pour l'année de base:

Équivalent d'énergie de l'année de base + Correction

B + D = 22 446 369 mégajoules — f - 6(9)

F. Rendement énergétique net combiné en (%)

$$\frac{\text{Équivalent d'énergie corrigé A.B. - consommation totale d'énergie A.C.}}{\text{Équivalent d'énergie corrigé A.B.}} \times 100$$

$$= \frac{E - A}{E} \times 100 = \underline{0,25}\ \%$$

* Corrections (type et importance)

- climat (changement de) (1 373 631)

CALCUL DES ÉCONOMIES
(Basé sur les changements de l'efficacité énergétique non corrigés)
Formulaire 8A

[voir 4]

Société: CANADA OFFICE PLAZA Centre: Le même

Période: _____

Préparé par: _____ Date _____

	(1) Consommation d'énergie imputée (MJ)	(2) Consommation d'énergie réelle (MJ)	(3) = 1 - 2 Économies d'énergie (MJ)	(4) Prix moyen de l'énergie ($/MJ)	(5) = 3 x 4 Économies de dépenses ($)	(6) Total économisé ($)
Année de base (A.B.)	23 820 000	23 820 000	-	-	-	-
A.B. + 1	23 820 000	23 200 000	620 000	0,0076	4 712	4 712
A.B. + 2	23 820 000	22 390 800	1 429 000	0,0084	12 004	16 716
A.B. + 3						

CALCUL DES ÉCONOMIES
(Basé sur les changements de l'efficacité énergétique corrigés)
Formulaire 8B

[voir 4]

Société: CANADA OFFICE PLAZA Centre: Le même

Période: _____

Préparé par: _____ Date _____

	(1) Consommation d'énergie imputée (MJ)	(2) Consommation d'énergie réelle (MJ)	(3) = 1 - 2 Économies d'énergie (MJ)	(4) Prix moyen de l'énergie ($/MJ)	(5) = 3 x 4 Économies de dépenses ($)	(6) Total économisé ($)
Année de base (A.B.)	23 820 000	23 820 000	-	-	-	-
A.B. + 1	23 200 000	23 200 000	-	0,0076	-	-
A.B. + 2	22 446 369	22 390 800	55 569	0,0084	467	467
A.B. + 3						

GLOSSAIRE DES TERMES

Centre de comptabilité: c'est le secteur ou l'unité de consommation de l'énergie pour lequel la production et la consommation d'énergie sont mesurés pour en faire des rapports. Il peut s'agir d'un processus simple, d'une combinaison de plusieurs processus, d'un service, d'une usine ou d'un édifice, d'une entreprise, d'un secteur industriel ou économique ou de l'économie en tant que telle.

Degrés-jours de chauffage: c'est la mesure utilisée pour mettre en corrélation la température extérieure avec l'énergie nécessaire pour le chauffage. Elle est basée sur la présomption qu'il faut chauffer lorsque la température quotidienne moyenne est inférieure à 18° C. Ainsi, un degré-jour de chauffage est le résultat d'une moyenne de 17°C durant une période de 24 heures. On accumule les degrés-jours afin de fournir un moyen de comparaison de l'influence des conditions météorologiques sur l'utilisation de l'énergie au cours d'une période de temps.

Efficacité d'utilisation de l'énergie: c'est l'efficacité de l'installation de l'usager pour convertir l'énergie d'apport en énergie de production utile.

Efficacité énergétique: c'est la quantité d'énergie requise pour fabriquer un produit ou un groupe de produits, ou pour faire fonctionner un édifice, exprimée en énergie utilisée par unité de production. Les termes "intensité énergétique", "rapport énergie-production" ou "coefficient d'énergie" expriment également cette idée.

Énergie: c'est la capacité d'effectuer un travail. L'énergie se présente sous diverses formes que l'on peut transposer d'une forme à une autre, c'est-à-dire: l'énergie thermale (chaleur), mécanique (travail), électrique et chimique. Elle se mesure en unités énergétiques telles que les mégajoules (MJ) ou en unités équivalentes d'énergie telles que l'équivalent de barils de pétrole brut (EBP).

Énergie de la période de base: c'est l'énergie totale utilisée durant la période de base.

Énergie de la période en cours: c'est l'énergie totale utilisée durant la période de comptabilisation actuelle.

Énergie fixe: c'est l'énergie requise pour faire fonctionner l'usine ou l'édifice (c.-à-d. l'éclairage, le chauffage, la climatisation, etc.) et qui est essentiellement indépendante du degré ou du taux de production.

Énergie variable: c'est l'énergie se rapportant à la production et qui varie selon la quantité produite.

Équivalent d'énergie corrigé de l'année de base: c'est l'équivalent d'énergie de l'année de base (voir ci-dessous) tenant compte des facteurs affectant l'efficacité énergétique, qui sont en dehors du contrôle des gestionnaires de l'énergie.

Équivalent d'énergie de la période de base (énergie imputée): c'est l'énergie totale nécessaire, au taux d'intensité énergétique de l'année de base originale, pour fabriquer la production de l'année en cours.

Facteur de production: c'est la production de l'année en cours divisée par la production de l'année de base.

Joule: c'est une unité commune d'énergie. (L'annexe C contient les définitions des préfixes métriques utilisés pour décrire les multiples de joules).

Période de base: c'est la période de référence dans le passé à laquelle on compare la période en cours.

Période en cours: c'est la période de comptabilisation actuelle.

Production: c'est la quantité du produit fabriqué ou le niveau d'activité au cours d'une période donnée.

Rendement énergétique brut (Changement d'efficacité énergétique non corrigé): c'est la mesure d'un changement non corrigé de l'énergie par unité de production durant la période en cours par rapport à l'énergie de la période de base. Il est calculé comme étant la différence en pour cent entre la consommation de l'équivalent énergétique de la période de base et la consommation énergétique de la période en cours.

Rendement énergétique net (Changement d'efficacité énergétique corrigé): c'est l'efficacité énergétique corrigée selon des facteurs qui sont en dehors du contrôle du gestionnaire de l'énergie, tels que les conditions météorologiques et d'autres facteurs traités dans ce manuel. Il est calculé comme étant une différence en pour cent entre la consommation de l'équivalent énergétique de la période de base et la consommation d'énergie de la période en cours.

Taux de production: c'est la quantité de production optimale ou de conception qu'un processus peut produire dans des conditions d'exploitation normales par unité de temps.

Unité de production: c'est la mesure de la quantité de production ou du niveau d'activité qui est en relation étroite avec la demande d'énergie.

SYMBOLES

D_a	Le nombre de degrés-jours de chauffage durant la période en cours
D_b	Le nombre de degrés-jours de chauffage durant la période de base
E_a	Énergie consommée durant la période en cours
E_{ar}	Énergie consommée durant la période en cours, associée au taux de production durant la période en cours
E_b	Energie consommée durant la période de base
E_{be}	Énergie équivalente de la période de base
E'_{be}	Énergie équivalente rajustée de la période de base
E_{br}	Énergie consommée durant la période de base, associée au taux de production durant la période de base
EH_b	Energie consommée à des fins de chauffage durant la période de base
ei_a	Energie totale consommée provenant de la source énergétique i durant la période en cours
EV_a	Énergie variable durant la période en cours
EV_{a-1}	Énergie variable durant la période qui a précédé immédiatement la période en cours
Q_a	Production durant la période en cours
Q_b	Production durant la période de base
Qi_a	La quantité de matériau brut i utilisée durant la période en cours
Qi_{a-1}	La quantité de matériau brut i utilisé durant la période qui a précédé immédiatement la période en cours
RE_b	Rendement énergétique brut
RE_n	Rendement énergétique net
U_i	L'efficacité de l'utilisation énergétique du combustible i
U_j	L'efficacité de l'utilisation énergétique du combustible j

CONTENU ÉNERGÉTIQUE

Les valeurs typiques qui suivent peuvent servir de facteurs de conversion quand les données réelles manquent. Les équivalents en MJ et en BTU correspondent à la chaleur de combustion. Les chiffres applicables aux hydrocarbures correspondent à la valeur calorifique la plus élevée (poids humide). Certains produits sont de toute évidence des matières, mais ont été inclus au tableau pour le rendre plus complet et pour servir de référence. Les facteurs de conversion pour le charbon sont approximatifs puisque la valeur calorifique de ce produit varie selon la mine d'où il a été extrait.

On utilisera toujours le même facteur lorsqu'on calcule l'énergie utilisée pendant l'année de base et pendant l'année en cours.

Type d'Énergie	Métrique		Impérial	
Charbon				
– métallurgique	29 000	MJ/tonne	25,0	10^6 Btu/tonne
– anthracite	30 000	MJ/tonne	25,8	10^6 Btu/tonne
– bitumineux	32 100	MJ/tonne	27,6	10^6 Btu/tonne
– sous-bitumineux	22 100	MJ/tonne	19,0	10^6 Btu/tonne
– lignite	16 700	MJ/tonne	14,4	10^6 Btu/tonne
Coke				
– métallurgique	30 200	MJ/tonne	26,0	10^6 Btu/tonne
– pétrolier				
– brut	23 300	MJ/tonne	20,0	10^6 Btu/tonne
– calciné	32 600	MJ/tonne	28,0	10^6 Btu/tonne
Poix	37 200	MJ/tonne	32,0	10^6 Btu/tonne
Pétrole Brut	38,5	MJ/litre	5,8	10^6 Btu/baril
Mazout N^O 2	38,68	MJ/litre	5,88	10^6 Btu/baril
			(0,168	10^6 Btu/GI)
Mazout N^O 4	40,1	MJ/litre	6,04	10^6 Btu/baril
			(0,173	10^6 Btu/GI)

Pétrole N^{o} 6 (Mazout Lourd C)				
– 2,5% soufre	42,3	MJ/litre	6,38	10^6 Btu/baril
			(0,182	10^6 Btu/GI)
– 1,0% soufre	40,5	MJ/litre	6,11	10^6 Btu/baril
			(0,174	10^6 Btu/GI)
– 0,5% soufre	40,2	MJ/litre	6,05	10^6 Btu/baril
			(0,173	10^6 Btu/GI)
Kérosène	37,68	MJ/litre	0,167	10^6 Btu/GI]
Diesel	38,68	MJ/litre	0,172	10^6 Btu/GI
Gazoline	36,2	MJ/litre	0,156	10^6 Btu/GI
Gaz naturel	37,2	MJ/m^3	1,00	10^6 Btu/M pi^3
Propane	50,3	MJ/kg	0,02165	10^6 Btu/lb
	26,6	MJ/litre	0,1145	10^6 Btu/GI
Électricité	3,6	MJ/kWh	0,003413	10^6 Btu/kWh
(Production de puissance thermale)	(10,55	MJ/kWh)	(0,01	10^6 Btu/kWh)

FACTEURS DE CONVERSION

1 tonne (2 000 lb)	= 0,9072	tonne (métrique)
1 livre (lb)	= 0,454	kilogramme (kg)
1 gallon impérial	= 4,547	litres (L)
1 gallon U.S.	= 3,785	L
1 baril (35 gallons impériaux)	= 159,1	L
ou 42 gallons U.S.	= 0,1591	mètres cubes (m^3)
1 BTU	= 1055	joules (J)
	= 0,001055	mégajoules (MJ)
1 pied cube (pd^3)	= 0,028317	m^3
1 kilowatt-heure (kWh)	= 3 600 000	J
1 tonne	= 1,102	tonne (2 000 lb)
1 kg	= 2,203	lb
1 L	= 0,220	gallon impérial
1 L	= 0,264	gallon U.S.
1 L	= 0,006	baril
1 m^3	= 6,285	barils
1 m^3	= 35,31	pd^3
1 J	= 0,000948	BTU
1 J	= 0,000000278	kWh
1 MJ	= 947,9	BTU
1 kilowatt (kW)	= 1,333	cheval-vapeur (c.v.)
1 BTU	= 0,000292	kWh
1 c.v.	= 0,75	kW
1 kWh	= 3 413	BTU

PRÉFIXES MÉTRIQUES

Facteurs de multiplication			*Préfixe*	*Symbole*
1 000 000 000 000 000 000	=	10^{18}	exa	E
1 000 000 000 000 000	=	10^{15}	peta	P
1 000 000 000 000	=	10^{12}	tera	T
1 000 000 000	=	10^{9}	giga	G
1 000 000	=	10^{6}	mega	M
1 000	=	10^{3}	kilo	k

CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET PRODUCTION
Formulaire 1

Société: _____ Centre: _____

Produit: _____ Période: _____

Préparé par: _____ Date _____

Données/ Sous-périodes	Énergie (quantité par unités achetées) [voir 2.5.2]							Unités de production quantité (8)
	Mazout: (litres) (1)	Gaz naturel (m^3) (2)	Électricité (kWh) (3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Janv.								
Févr.								
Mars								
Avril								
Mai								
Juin								
Juill.								
Août								
Sept.								
Oct.								
Nov.								
Déc.								
Correction fin de période								
Totaux								(9)

QUANTITÉ TOTALE D'ÉNERGIE UTILISÉE
Formulaire 2
[voir 2.5.2]

Société: _____ Centre: _____

Produit: _____ Période: _____

Production totale: _____ F-1(9) Préparé par: _____ Date _____

(1) Type d'énergie	(2) Quantité consommée* (Unités physiques)	(3) Facteur de conversion d'énergie (Mégajoules [MJ]/Unité)	(4) = (2) x (3) Énergie utilisée (MJ)
		TOTAL	(5)

*totaux des colonnes 1-7 du Formulaire F-1

RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE BRUT
(CHANGEMENT DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE)
Formulaire 3

[voir 2.5.4]

Société: _____ Centre: _____

Période: _____

Année de base: _____

Préparé par: _____ Date _____

$$\text{Facteur de production} = \frac{\text{Production année en cours}}{\text{Production année de base}} = \frac{\text{F - 1(9) Année en cours}}{\text{F - 1(9) Année de base}} = \frac{(\quad\quad)}{(\quad\quad)} = \quad\quad \text{(1)}$$

Équivalent de l'année de base = Énergie de l'année de base X Facteur de production

= (_____) x (_____) = _____ MJ (2)

$$\text{Rendement énergétique brut} \textit{ (Changement de l'efficacité énergétique)} = \frac{\text{Équivalent d'énergie de l'année de base - Énergie de l'année en cours}}{\text{Équivalent d'énergie de l'année de base}}$$

$$= \frac{\text{(2) - [F - 2(5)]}}{\text{(2)}} \times 100 = \frac{(\quad\quad) - (\quad\quad)}{(\quad\quad)} \times 100$$

= _____ %

NOTA: Si le résultat est positif, le rendement s'est amélioré. L'inverse indique que le rendement s'est détérioré

RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE BRUT COMBINÉ DES CENTRES DE COMPTABILITÉ

Formulaire 4

[voir 2.5.4]

Société: _____ Période: _____

Groupe des centres de comptabilité: _____ Préparé par: _____ Date _____

Centre de comptabilité (1)	Consommation totale d'énergie année en cours (MJ) [de F - 2(5)] (2)	Équivalent d'énergie année de base (MJ) [de F - 3(8)] (3)
TOTAUX	(4)	(5)

$$\text{Rendement énergétique brut combiné} = \frac{\text{Équivalent d'énergie année de base - Énergie année en cours}}{\text{Équivalent d'énergie année de base}} \times 100$$

$$= \frac{(5) - (4)}{(5)} \times 100 = \frac{(\quad) - (\quad)}{(\quad)} \times 100$$

= _____ % (6)

(+) = Amélioration et (-) = Détérioration

D4

CORRECTIONS ET RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE NET DU CENTRE DE COMPTABILTÉ

Formulaire 5

[voir 3.3]

Société: _____ Période: _____

Centre: _____ Année de base: _____

Préparé par: _____ Date _____

TYPE DE CORRECTION	FORMULE ET CALCUL	CORRECTION (MJ)
1. Changement de qualité du matériau brut (voir 3.3.1)	$= Qi_c \left[\frac{VE_c}{Qi_c} - \frac{VE_{c-1}}{Qi_{c-1}} \right] = (\quad) \left[\frac{(\quad)}{(\quad)} - \frac{(\quad)}{(\quad)} \right] =$	
2. Substitution de combustible (voir 3.3.2)	$= ei_c - \left[\frac{ei_c \times U_i}{U_j} \right] = (\quad) - \left[\frac{(\quad) \times (\quad)}{(\quad)} \right] =$	
3. Changement du taux de production (voir 3.3.3)	$= Q_c \, [E_{cr} - E_{br}] = (\quad) \, [(\quad) - (\quad)] =$	
4. Conditions climatiques (voir 3.3.4)	$= HE_b \left[\frac{D_c - D_b}{D_b} \right] = (\quad) \left[\frac{(\quad) - (\quad)}{(\quad)} \right] =$	
5. Changement - Règlements sécurité/environnment (voir 3.3.5)	Requiert analyse des circonstances particulières	
6. Décisions production/achat	Requiert analyse des circonstances particulières	
7. Autre		

CORRECTION TOTALE À L'ÉQUIVALENT D'ÉNERGIE POUR LA PÉRIODE DE BASE _____ MJ(1)

Énergie de l'année de base corrigée = Équivalent d'énergie de l'année de base (MJ) + Corrections(1)=(F-3(2))+(1)

= (_____) + (_____) = _____ MJ(2)

Rendement énergétique net du centre $= \frac{\text{Équivalent d'énergie de l'année de base corrigé - Énergie année en cours}}{\text{Équivalent d'énergie année de base corrigé}} \times 100$

$= \frac{(\quad) - (\quad)}{(\quad)} \times 100 =$ _____ %

DONNÉES TOTALES DE L'ÉNERGIE CONSOMMÉE
Formulaire 6

[voir 3.4]

Société: _____ Période: _____

Préparé par: _____ Date _____

(1) Centre de comptabilité	(2) Énergie consommée année en cours [de F-2(5)] (MJ)	(3) Équivalent d'énergie année de base [de F-3(2)] (MJ)	(4) Correction d'énergie année de base [de F-5(1)] (MJ)	(5) = 3 + 4 Équivalent d'énergie corrigé de l'année de base (MJ)
TOTAUX	(6)	(7)	(8)	(9)

RAPPORT ANNUEL COMBINÉ DU RENDEMENT ET DE L'AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE EN %

Formulaire 7

[voir 3.5]

Société: _____ Année en cours: _____

Année en base: _____

A. Consommation totale d'énergie pendant l'année en cours _____ mégajoules F - 6(6) ou F - 4(4)

B. Consommation d'énergie équivalente pendant l'année de base _____ mégajoules F - 4(5) ou F - 6(7)

C. Rendement d'énergétique brut combiné en (%)

$$\frac{\text{Équivalent d'énergie A.B. - Énergie A.C.}}{\text{Équivalent d'énergie A.B.}} \times 100$$

$$= \frac{B - A}{B} \times 100 = _____ \%$$ F - 4(6)

D. Corrections*

_____ mégajoules F - 6(8)

E. Consommation de l'équivalent d'énergie corrigé pour l'année de base:

Équivalent d'énergie de l'année de base + Correction

$B + D =$ _____ mégajoules f - 6(9)

F. Rendement énergétique net combiné en (%)

$$\frac{\text{Équivalent d'énergie corrigé A.B. - Consommation totale d'énergie A.C.}}{\text{Équivalent d'énergie corrigé A.B.}} \times 100$$

$$= \frac{E - A}{E} \times 100 = _____ \%$$

* Corrections (type et importance)

CALCUL DES ÉCONOMIES
(Basé sur les changements de l'efficacité énergétique non corrigés)
Formulaire 8A

[voir 4]

Société: _____ Centre: _____

Période: _____

Préparé par: _____ Date _____

	(1) Consommation d'énergie imputée (MJ)	(2) Consommation d'énergie réelle (MJ)	(3) = 1 - 2 Économies d'énergie (MJ)	(4) Prix moyen de l'énergie ($/MJ)	(5) = 3 x 4 Économies de dépenses ($)	(6) Total économisé ($)
Année de base (A.B.)						
A.B. + 1						
A.B. + 2						
A.B. + 3						

CALCUL DES ÉCONOMIES
(Basé sur les changements de l'efficacité énergétique corrigés)
Formulaire 8B

[voir 4]

Société: _____ Centre: _____

Période: _____

Préparé par: _____ Date _____

	(1) Consommation d'énergie imputée (MJ)	(2) Consommation d'énergie réelle (MJ)	(3) = 1 - 2 Économies d'énergie (MJ)	(4) Prix moyen de l'énergie ($/MJ)	(5) = 3 x 4 Économies de dépenses ($)	(6) Total économisé ($)
Année de base (A.B.)						
A.B. + 1						
A.B. + 2						
A.B. + 3						